

FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDÔNIA – UNIR  
*CAMPUS* PROFESSOR FRANCISCO GONÇALVES QUILES  
Departamento de Engenharia de Produção

Karoline Quitéria Morais Borba

**AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE ESTATÍSTICA DO PROCESSO DE  
FABRICAÇÃO DE TIJOLOS DE UMA CERÂMICA DA REGIÃO CENTRAL DO  
ESTADO DE RONDÔNIA**

Cacoal  
2016

Karoline Quitéria Morais Borba

**AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE ESTATÍSTICA DO PROCESSO DE  
FABRICAÇÃO DE TIJOLOS DE UMA CERÂMICA DA REGIÃO CENTRAL DO  
ESTADO DE RONDÔNIA**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de  
Produção da Universidade Federal de Rondônia,  
como requisito parcial para obtenção do título de  
Bacharel em Engenharia de Produção.  
Orientadora: Tatiane Aparecida de Lazari.

Cacoal  
2016

BORBA, Karoline Quitéria Moraes.

B726a      Avaliação da estabilidade estatística do processo de fabricação de tijolos de uma cerâmica da região central do Estado de Rondônia / Karoline Quitéria Moraes Borba – Cacoal/RO: UNIR, 2016.

83 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação). Universidade Federal de Rondônia – Campus de Cacoal.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Esp. Tatiane Aparecida de Lazari.

1. Controle estatístico - Qualidade. 2. Gráficos de controle. 3. Cerâmica. 4. Tijolos. I. Lazari, Tatiane Aparecida de. II. Universidade Federal de Rondônia – UNIR. III. Título.

CDU – 658.562.3

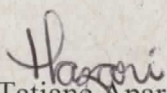
Catálogo na publicação: Naiara Raissa Passos – CRB11/891

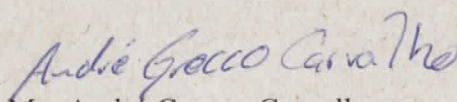
Ministério da Educação  
Fundação Universidade Federal de Rondônia  
Campus Professor Francisco Gonçalves Quiles  
Departamento Acadêmico de Engenharia de Produção

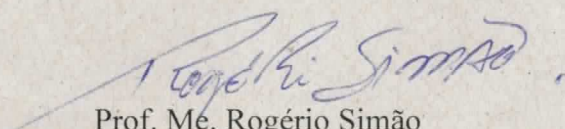
### ATA DE DEFESA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Aos 23 (vinte e três) dias do mês de junho de dois mil e dezesseis, reuniu-se na sala 04 do bloco P do curso de Engenharia de Produção da Fundação Universidade Federal de Rondônia – UNIR, a banca constituída pelos professores: Prof.<sup>a</sup> Esp. Tatiane Aparecida de Lazari (Presidente), Prof. Me. André Grecco Carvalho (1º Membro) e Prof. Me. Rogério Simão (2º Membro), as 10:00h (dez horas) para examinar o TCC do acadêmico(a) Karoline Quitéria Moraes Borba, na prova de defesa da sua monografia de conclusão de curso intitulada: AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE ESTATÍSTICA DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE TIJOLOS DE UMA CERÂMICA DA REGIÃO CENTRAL DO ESTADO DE RONDÔNIA. O presidente da comissão iniciou os trabalhos às 10:10, solicitando a acadêmica que apresente os principais aspectos do seu trabalho. Concluída a exposição, os avaliadores arguíram alternadamente o candidato sobre os diversos aspectos do trabalho. Após a arguição, a comissão reuniu-se para avaliar o desempenho do acadêmico, que obteve a nota final 98 (noventa e oito pontos). A ata segue assinada pelos membros da banca.

Cacoal, RO, 23 de junho de 2016

  
Prof.<sup>a</sup> Esp. Tatiane Aparecida de Lazari  
Presidente

  
Prof. Me. André Grecco Carvalho  
1º Membro

  
Prof. Me. Rogério Simão  
2º Membro

*A minha família,  
Pelos incentivos, conselhos, carinho, confiança e  
respeito por todas as decisões tomadas durante essa  
jornada.*

## **AGRADECIMENTOS**

A todos que contribuíram para a realização deste trabalho, fica expressa aqui a minha gratidão, especialmente:

À Professora Tatiane Aparecida de Lazari, pela orientação, pelo aprendizado, encorajamento, ajuda e apoio em todos os momentos necessários.

Aos meus colegas de classe, Amanda Osowski, Bruna Aoki, Cleicione Souza, Davi Palmieri, Elias Matias, Érika Bragança, Felipe Gilmar, Giuliana Bragança, Gracione Barbosa, Guilherme Marques, Leandro Kester, Sabrina Custódio, Talita Kelly, Wemerson Soares pelo companheirismo e amizade.

Aos meus colegas de intercâmbio, Amanda Montagner, Bruno Koch, Douglas Pereira, Guilherme Musse, Igor Prado, Isabella Mancuelo, Isabela Mascarenhas, Isabela Maia, James Paine, Jessica Ravanelli, Jessica Viana, Maicon Landin, Mariano Neto, Mateus Melo, Renan Silva pelo inimaginável compartilhamento de experiências.

Aos meus demais amigos, Alexandre Szilagyi, Flavia Vatanabe, Roberto Juan, Victor Santiago por todos os momentos de alegria e diversão.

A todos os professores que fizeram parte dessa trajetória, André Grecco, Alessandro Aguilera, Carlaile do Vale, Denny Mesquita, Edimar Pereira, Graziela Franco, Juander Antonio, Karla Sartin, Nicolás Belete, Otacílio Moreira pelo acompanhamento, motivação e aprendizado durante esses 6 anos.

A minha família, Gelson Borba, Katherine Borba e Marli Siqueira por todo o suporte e instrução.

A cerâmica utilizada como objeto de estudo que proporcionou toda a pesquisa disponibilizando dados, informações, auxílio e, sobretudo, conhecimento.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para esta construção e que servirão como base para as próximas que estão por vir.

## RESUMO

Esse estudo realizou uma pesquisa aplicada em uma indústria do setor cerâmico da região central do estado de Rondônia. Seu objetivo foi encontrar variáveis críticas do processo e analisar se esse encontra-se controlado e padronizado por meio da observação do comportamento dos dados em uma ferramenta estatística da qualidade intitulada como gráficos de controle. Como fase inicial, procurou-se compreender o processo de produção de tijolos como um todo a partir de pesquisa bibliográfica, para assim analisar os procedimentos adotados pelo objeto de estudo e coletar dados críticos dele. Considerando que os produtos cerâmicos seguem normatizações específicas, optou-se pelas características que induzem os tijolos a serem conformes ou não conformes, como a retração, e quantidade de resíduos e quantidade de água presentes na argila utilizada como matéria-prima da indústria. Tais características também são fundamentais para a otimização dos processos reduzindo custos desnecessários e aumentando a confiabilidade da produção. A partir da coleta de dados, pode-se então tabular, calcular e plotar os gráficos referentes a cada propriedade nos meses de janeiro, fevereiro, março, abril e maio condizentes a amostras do produto no estado verde, seco e queimado. Dessa forma, observou-se como cada etapa alterou as características e como essa alteração se comportou em relação a média, aos limites inferior e superior de controle do próprio processo. Com essa observação, concluiu-se que o processo encontra-se controlado, apresentando poucos pontos fora dos limites, de forma a poder considerá-los como causas especiais ou anomalias. Por outro lado, a partir da plotagem dos gráficos de amplitude, os dados demonstraram grande despadronização por parte do processo que puderam ser observados pela instabilidade apresentada pelos pontos. Por isso, algumas sugestões foram mencionadas, como a implantação de um plano de manutenção e análise minuciosa e frequente da matéria-prima, que representa o comportamento como fator essencial para a qualidade dos produtos e maximização de lucros.

Palavras-chave: Controle Estatístico da Qualidade. Gráficos de Controle. Cerâmica. Tijolos.

## **ABSTRACT**

This thesis conducted an applied research in a ceramic industry in the central region of the state of Rondônia. Its goal was to find critical process parameters and to consider whether this is controlled and standardized by the observation of the data behavior on a statistical tool titled quality control charts. As an initial phase, it pursued to understand the brick production process as a whole from literature search, thus analyzing the procedures adopted by the object of study and collect critical data from it. Whereas ceramic products follow specific norms, it was decided by the characteristics that induce the bricks to be compliant or non-compliant, such as retraction, the amount of sediments and water present in the clay used as raw material of the industry. These characteristics are also primordial to the optimization of processes reducing unnecessary costs and increasing production reliability. From the data collection, it was possible to tabulate, calculate and plot graphs for each parameter in the months of January, February, March, April and May by the samples of the product in the green state, dried and burned. In this way, it was observed how each stage changed the features and how this change has behaved in relation to the average, the upper and lower control limits of the process itself. With this observation, it was concluded that the process is controlled, with few points off limits, which they can be considered as special or anomalies causes. Nevertheless, analyzing the moving range graphs, data showed high lack of standardization by the process due to the reaction shown by the points which behavior was proved to be unstable. So, some suggestions were mentioned, such as the implementation of a maintenance plan and thorough and frequent analysis of the raw material that represents a behavior as an essential factor for the quality of products and profit maximization.

**Keywords:** Statistical Quality Control. Control Charts. Ceramics. Bricks.



## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Aspiral do Progresso na Qualidade de Juran .....	19
FIGURA 2 – Ciclo de Controle.....	20
FIGURA 3 – Monitoramento do Processo e Inspeção de Peças. ....	21
FIGURA 4 - Paquímetro Digital. ....	45
FIGURA 5 – Balança Digital .....	46
FIGURA 6 – Peneira de Aço Inox .....	48

## **LISTA DE FLUXOGRAMAS**

FLUXOGRAMA 1 – Seleção de Gráfico para Variáveis. ....	30
FLUXOGRAMA 2 – Processo de Fabricação de Tijolos .....	35
FLUXOGRAMA 3 – Processo de Produção da Cerâmica A .....	42

## **LISTA DE QUADROS**

QUADRO 1 – Sistemas De Produção E Tipos De Cep .....	22
QUADRO 2 – Atuação dos Componentes da Argila na Fabricação de Produtos Cerâmicos..	33

## LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 – Retração na Secagem (mm) de Janeiro .....	50
GRÁFICO 2 – Retração na Queima (mm) de Janeiro .....	51
GRÁFICO 3 – Retração Total (%) de Janeiro .....	52
GRÁFICO 4 – Retração na Secagem (mm) de Fevereiro .....	53
GRÁFICO 5 – Retração na Queima (mm) de Fevereiro .....	54
GRÁFICO 6 – Retração Total (%) de Fevereiro .....	54
GRÁFICO 7 – Retração na Secagem (mm) de Março .....	55
GRÁFICO 8 – Retração na Queima (mm) de Março .....	56
GRÁFICO 9 – Retração Total (%) de Março .....	56
GRÁFICO 10 – Retração na Secagem (mm) de Abril .....	58
GRÁFICO 11 – Retração na Queima (mm) de Abril .....	58
GRÁFICO 12 – Retração Total (%) de Abril .....	59
GRÁFICO 13 – Retração na Secagem (mm) de Maio .....	60
GRÁFICO 14 – Retração na Queima (mm) de Maio .....	60
GRÁFICO 15 – Retração Total (%) de Maio .....	61
GRÁFICO 16 – Água perdida na Secagem (%) de Janeiro .....	62
GRÁFICO 17 – Água perdida na Queima (%) de Janeiro .....	63
GRÁFICO 18 – Água Perdida Total (%) de Janeiro .....	63
GRÁFICO 19 – Água Perdida na Secagem (%) de Fevereiro .....	64
GRÁFICO 20 – Água Perdida na Queima (%) de Fevereiro .....	65
GRÁFICO 21 – Água Perdida Total (%) de Fevereiro .....	65
GRÁFICO 22 – Água Perdida na Secagem (%) de Março .....	66
GRÁFICO 23 – Água Perdida na Queima (%) de Março .....	67
GRÁFICO 24 – Água Perdida Total (%) de Março .....	67
GRÁFICO 25 – Água Perdida na Secagem (%) de Abril .....	68
GRÁFICO 26 – Água Perdida na Queima (%) de Abril .....	69
GRÁFICO 27 – Água Perdida Total (%) de Abril .....	69
GRÁFICO 28 – Água Perdida na Secagem (%) de Maio .....	70
GRÁFICO 29 – Água Perdida na Queima (%) de Maio .....	70
GRÁFICO 30 – Água Perdida Total (%) de Maio .....	71
GRÁFICO 31 – Resíduos na Argila de Janeiro .....	73
GRÁFICO 32 – Resíduos na Argila de Fevereiro .....	

GRÁFICO 33 – Resíduos na Argila de Março.....	74
GRÁFICO 34 – Resíduos na Argila de Abril.....	74
GRÁFICO 35 – Resíduos na Argila de Maio.....	75

## **LISTA DE SIGLAS**

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

CEP – Controle Estatístico do Processo

CEQ – Controle Estatístico da Qualidade

INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia

ISO – International Organization for Standardization

LCL – Lower Control Limit

LIC – Limite Inferior de Controle

LM – Limite Médio

LSC – Limite Superior de Controle

MR – Moving Range

NBR – Norma Brasileira

PDCA – Plan, Do, Check and Action

UCL – Upper Control Limit

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
1.1 Problematização.....	16
1.2 Objetivos.....	16
1.2.1 <i>Objetivo Geral</i> .....	16
1.2.2 <i>Objetivos Específicos</i> .....	17
1.3 Justificativa .....	17
 <b>2 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	 <b>18</b>
2.1 Qualidade .....	18
2.2 Controle Estatístico do Processo .....	19
2.2.1 <i>Inspeção x Monitoramento</i> .....	21
2.2.2 <i>Tipos de CEP</i> .....	21
2.2.3 <i>Variabilidade dos Processos</i> .....	23
2.2.4 <i>Medidas de Centralização e Dispersão</i> .....	23
2.2.5 <i>Medidas para Dados Agrupados</i> .....	25
2.2.6 <i>Cartas de Controle</i> .....	25
2.2.6.1 <u>Gráfico de Controle para Variáveis</u> .....	26
2.3 Manutenção.....	30
2.3.1 <i>Métodos de Manutenção</i> .....	30
2.3.2 <i>Gestão da Manutenção</i> .....	31
2.4 Tijolos .....	32
2.4.1 <i>Argila</i> .....	32
2.4.2 <i>Processo de Fabricação</i> .....	34
 <b>3 METODOLOGIA.....</b>	 <b>40</b>
3.1 Caracterização do Local de Estudo .....	41
3.1.1 <i>Processo de Produção da Cerâmica A</i> .....	42
3.2 Cartas de Controle Utilizadas .....	44
3.3 Técnicas de Coleta de Dados e Instrumentos de medição.....	44
3.3.1 <i>Dados de Retração dos Tijolos</i> .....	45
3.3.2 <i>Dados de Umidade dos Tijolos</i> .....	46
3.3.3 <i>Dados Argila</i> .....	47
3.3.3.1 <u>Umidade da Argila</u> .....	47
3.3.3.2 <u>Dados de Resíduos na Argila</u> .....	47
3.4 Tabulação e Análise dos Resultados .....	48
3.5 Aspectos Éticos da Pesquisa .....	48
 <b>4 ANÁLISE DOS RESULTADOS .....</b>	 <b>49</b>
4.1 Análise da Retração.....	49
4.1.1 <i>Mês de Janeiro</i> .....	49
4.1.2 <i>Mês de Fevereiro</i> .....	52
4.1.3 <i>Mês de Março</i> .....	55
4.1.4 <i>Mês de Abril</i> .....	57
4.1.5 <i>Mês de Maio</i> .....	59
4.2 Análises da Umidade .....	61
4.2.1 <i>Mês de Janeiro</i> .....	61
4.2.2 <i>Mês de Fevereiro</i> .....	64
4.2.3 <i>Mês de Março</i> .....	66

<b>4.2.4 Mês de Abril .....</b>	<b>68</b>
<b>4.2.5 Mês de Maio .....</b>	<b>70</b>
<b>4.3 Análise dos Resíduos na Argila .....</b>	<b>72</b>
<b>5 CONCLUSÃO.....</b>	<b>77</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>80</b>
<b>ANEXO A – Tabelas De Fatores Para Cálculo De Limites De Controle .....</b>	<b>84</b>
<b>ANEXO B – Tabelas Do Índices De Retração .....</b>	<b>85</b>
<b>ANEXO C – Tabelas Dos Índices De Umidade.....</b>	<b>88</b>
<b>ANEXO D – Tabelas Dos Resíduos Na Argila .....</b>	<b>91</b>



## 1 INTRODUÇÃO

Independente da organização e de seu produto ou serviço, Slack et al (2009) afirma que o modelo de transformação que compõe o processo de produção é basicamente o mesmo, sendo baseado em recursos de entrada (*input*) – processo de transformação – saída de produto (*output*). Entretanto, dentro desse processo de transformação, determinadas características devem ser consideradas principalmente as relacionadas à padronização e ao atendimento às especificações do produto, tanto referente às normas reguladoras, aos parâmetros de qualidade estabelecidos pela organização, como também em relação ao que o cliente espera receber.

Dentro desse contexto, no mercado atual, qualquer característica positiva ou vantagem que se tenha sob a concorrência é um fator determinante para o sucesso ou o fracasso de uma empresa, por isso, cabe aos responsáveis administrativos que estejam atentos a qualquer inovação. Até mesmo processos produtivos automatizados que aderem à grandes inovações tecnológicas, a qualidade dos produtos e dos processos devem ser mantidas como um ponto de atenção. De acordo com Blodorn (2011), “o tema qualidade, diante de um mercado globalizado, tem ocupado um papel decisivo dentro das organizações, pois somente por meio da qualidade as empresas chegarão a resultados verdadeiramente positivos”.

A qualidade é fundamental em uma organização, através dela toda a produção pode ter um melhor desempenho, os custos podem ser reduzidos pela eficiência do processo, problemas como reclamações e devoluções passam a ser reduzidas ou eliminadas, a empresa atinge um diferencial competitivo (SLACK et al, 2009). Para Carpinetti (2012), a qualidade é um termo amplo, que pode variar de acordo com as características que cada indivíduo considera importante ao adquirir um produto. A qualidade pode estar relacionada com aspectos como o desempenho, durabilidade, atendimento de especificações ao produto, dentre outros.

Por isso, para controlar os aspectos de qualidade do produto, alguns métodos de controle são utilizados com o intuito de garantir que o atendimento as especificações esteja sendo realizado em todas as fases do processo produtivo, mesmo em sistemas de produção de larga escala. Um desses métodos é o controle estatístico da produção que, por meio de cálculos estatísticos, possibilita a análise da produção identificando se está estável ou não, a partir de variadas ferramentas como, por exemplo, as cartas de controle que apontam limites de controle de uma dada especificação do produto ou serviço. (SLACK et al., 2009).

## 1.1 Problematização

A definição de o que é qualidade geralmente envolve muitos elementos que, segundo Paladini (2009), dentre eles estão: i) satisfação do consumidor, ii) o que a organização faz para atender o mercado e merecer respeito da sociedade e iii) controle da variabilidade a um custo razoável, entre outros. Dentre esses fatores citados, o controle estatístico da qualidade está diretamente associado para o alcance desses elementos, pois é a partir dele que uma organização mostra-se capaz de satisfazer e atender os clientes a partir do atendimento as especificações do produto, em que nesse estudo trata-se de tijolos, ao menor custo possível.

Em busca da redução de custos é importante eliminar ou minimizar os índices de retrabalho de tijolos não queimados (ou denominados de “verdes”) que pelo não enquadramento às características de qualidade são reprocessados, retornando as etapas iniciais de produção, bem como a quantidade de tijolos já queimados (produto acabado) descartados decorrente do não atendimento das especificações técnicas, como as de medidas geométricas, de resistência a compressão, retração, planeza da faces, espessura dos septos e paredes externas, desvio em relação ao esquadro, área bruta, índice de absorção de água e integridade física. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005).

Ações paliativas como a de venda de tijolos não conformes a um valor monetário inferior são praticadas, no entanto, são medidas que geram redução no grau de confiança em relação a qualidade e desempenho do produto, impactando diretamente sobre a imagem da empresa. Além de representar redução na margem de lucratividade da organização.

Por isso, nesse contexto, esse estudo busca analisar e responder a seguinte pergunta: O sistema de produção de tijolos está estabilizado de forma a fabricar tijolos dentro de níveis aceitáveis de padronização de processo, a fim de atender níveis de qualidade e especificações técnicas pré-estabelecidos?

## 1.2 Objetivos

Com o intuito de apresentar os objetivos geral e específicos, seguem os tópicos abaixo apontando o que pretende-se alcançar com esse estudo.

### 1.2.1 *Objetivo Geral*

Avaliar a estabilidade estatística do processo de fabricação de tijolos de uma cerâmica

da região central do estado de Rondônia no que tange ao atendimento de níveis aceitáveis de padronização de processo e de especificações técnicas pré-estabelecidos.

### **1.2.2 *Objetivos Específicos***

- a) Caracterizar o processo de fabricação de tijolos da empresa sob estudo;
- b) Selecionar as variáveis críticas do processo produtivo;
- c) Mensurar os dados das variáveis críticas do processo produtivo;
- d) Calcular, por meio da metodologia de cartas de controle, os limites superiores e inferiores de controle do processo de fabricação de tijolos;
- e) Analisar os resultados encontrados com base nos níveis de qualidade e normas regulamentadoras pré-definidos, averiguando desta forma a estabilidade estatística do processo sob estudo.

### **1.3 Justificativa**

A realização desse estudo baseia-se na necessidade de conhecer umas das vertentes essenciais dentro de um processo de produção que é a qualidade de seus produtos a partir do atendimento às especificações. Por isso, a adequação da empresa em relação a padronização, principalmente em produções em massa como a fabricação de tijolos, deve ser realizada para que obtenha-se qualidade ao que será entregue aos clientes seguindo as normas regulamentadoras e aos padrões previamente definidos para que não haja prejuízos em relação a competitividade e lucratividade. Isso porque o controle das variáveis críticas de um processo gera redução de custos desnecessários e desperdícios de matéria-prima, mão-de-obra, tempo de produção, entre outros. Alguns métodos de análise e controle são utilizados por grande parte das cerâmicas, mas se não aplicados corretamente ou não obterem uma base referencial adequada, não se mostrarão eficazes e, com o intuito de observar como as características dos produtos e consequentemente o sistema de produção como um todo tem se comportado em relação a padronização e controle baseado nas especificações a serem alcançadas, esse estudo utilizará as cartas de controle, uma ferramenta importante do controle estatístico de processo, que segundo Slack et al.(2009), aponta os limites superiores e inferiores de controle. Dessa forma, torna-se possível academicamente observar a utilização de uma das ferramentas aprendidas nas aulas e constatar sua importância e eficiência na prática em uma situação real.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Tendo em vista que, segundo Ruiz (2011), qualquer pesquisa exige referencial bibliográfico prévio sobre os assuntos que foram assumidos como tema do estudo em questão. Nesse contexto, Lima (2008, p. 20) complementa que o quadro teórico de referência baseia-se nas “escolhas e articulações do referencial conceptual e teórico resultante de leituras de autores e textos realizadas no contexto da pesquisa bibliográfica [...] capaz de imprimir fundamentação aos exercícios de descrição [...]”. Em função disso, os tópicos a seguir dão suporte ao entendimento de teorias, cálculos e análises dos fatos apresentados nesse estudo.

### 2.1 Qualidade

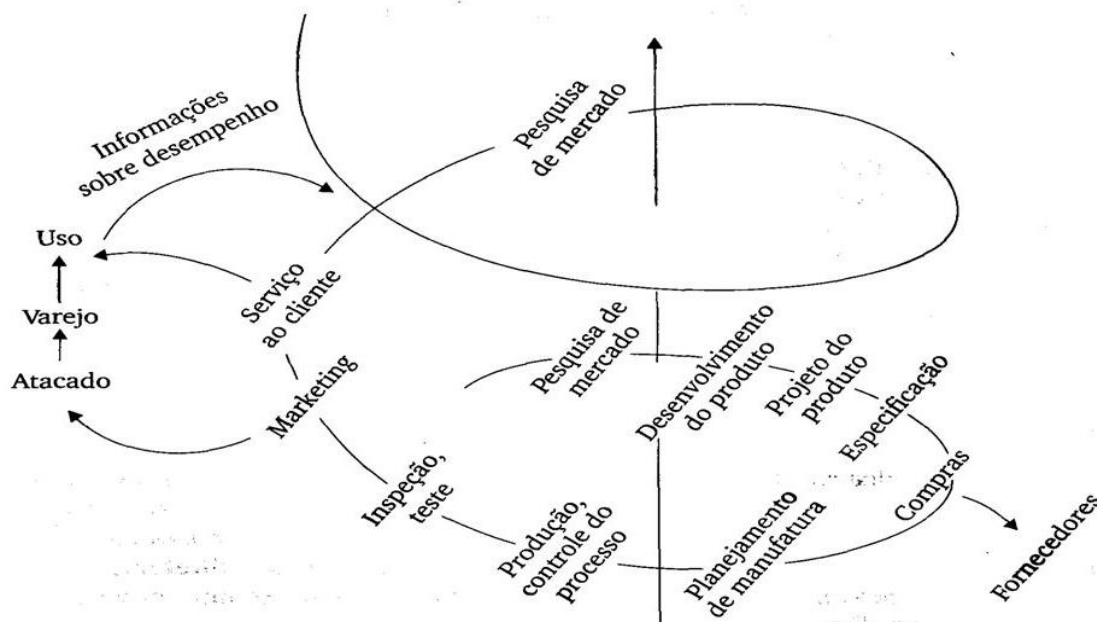
Segundo Longo (1996), na década de 20 havia-se o questionamento de qualidade com a variabilidade encontrada. Em 1924, o físico, engenheiro e estatístico estadunidense Walter Andrew Shewhart criou os Gráficos de Controle Estatístico de Qualidade – CEQ, uma das ferramentas mais utilizadas até os dias atuais. Com o desenvolvimento dos gráficos ou cartas de controle Shewhart é considerado o “Pai do Moderno Controle de Qualidade”. O estudioso propôs, ainda, o conceito de melhoria contínua, o PDCA (Plan, Do, Check e Action), difundido décadas depois por Edwards Deming, passando a ser conhecido como ciclo Deming da Qualidade.

A partir da década de 50, Carpinetti (2012) afirma que a qualidade passa a ser definida como o grau de satisfação do cliente ao se tratar da adequação do produto ao uso. A partir da crise dos anos 70, Longo (1996) cita que a importância da disseminação de informação mostrou-se fundamental, onde variáveis informacionais, políticas e socioculturais passaram a determinar novas mudanças. O planejamento estratégico se consolidou a partir da década de 80, entretanto, não possuía-se técnicas de gestão estratégicas suficientes para adequar as variáveis técnicas, políticas e culturais das empresas, onde passaram a ser incluídas algumas anos mais tarde.

A qualidade pode ser definida como um conjunto de elementos que formam um produto ou serviço, onde é importante que dois elementos estejam envolvidos: o primeiro trata-se da multiplicidade de itens que devem ser considerados ao falar da qualidade e o segundo é ter consciência que esse termo está em um processo de evolução, não fica condicionada a um termo absoluto, sofre mudanças através das análises e estudos que são feitos ao longo do tempo (PALADINI, 2010). Segundo Carpinetti (2012), Juran denominou

como Função Qualidade uma ligação entre cliente e fornecedor no processo produtivo. O aspiral desenvolvido por Juran relata exatamente esse processo, onde um setor depende do outro para que o produto tenha qualidade.

**Figura 1 – Aspiral do Progresso na Qualidade de Juran**



Fonte: Carpinetti (2012)

Uma das importantes vertentes, como pode-se notar no aspiral, é em relação ao controle do processo que propicia uma análise e observação do seguimento das especificações do produto, padronização e, conseqüentemente, a estabilidade do processo, fatores importantes que influenciam diretamente o restante dos setores delimitados pelo aspiral, principalmente os que envolvem qualidade e clientes.

## 2.2 Controle Estatístico do Processo

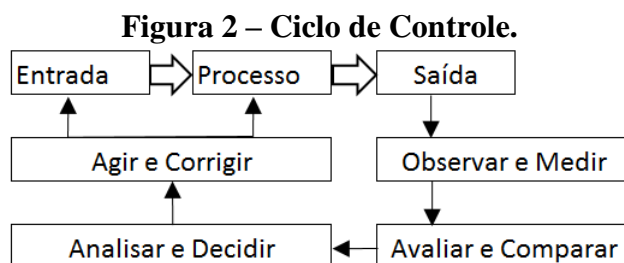
Na produção de qualquer item ou serviço é importante que haja qualidade no produto final assim como em sua fabricação, pois esta afeta diretamente os resultados tanto para o cliente como também para a empresa. Entre muitos conceitos de qualidade, pode-se dizer que atender as especificações do produto, atender a demanda, atender aos objetivos financeiramente positivos para a empresa assim como para o consumidor estão entre as vertentes mais importantes dessa característica produtiva. Oferecer produtos de qualidade é um ponto importante para que as empresas se mantenham no mercado, destacando-se também no ponto de vista de marketing e, conseqüentemente, atendendo a legislação. (CARPINETTI, 2012).

Segundo Ribeiro (2004), devido à relatividade de características que pondera-se nos sistemas de qualidade existentes, utiliza-se o sistema ISO, termo da língua inglesa *International Organization for Standardization*, em português Organização Internacional para Padronização, para manter a padronização de peças e produtos, intermediários e finais. A partir disso, o termo conformidade é a certificação de que determinado produto e sua cadeia produtiva cumprem todas as etapas da mesma maneira que os demais produtos dessa mesma linha de produção.

Entretanto, para que os produtos cumpram todas as especificações neles aplicadas, certifica-se a qualidade de todos os agentes envolvidos, os 6 M's, que são: máquina, método, medidas, matéria-prima, mão-de-obra e meio ambiente (iluminação, temperatura, som, etc.). E controla-se os resultados de cada microprocesso da produção. Se um desses fatores não estiver adequado, pode ocorrer o direcionamento do ciclo para resultados negativos (RAMOS, 2000). As etapas de um ciclo de controle, de acordo com o mesmo autor, são:

- a) Observação ou medição: Mensuração da saída do processo;
- b) Avaliação ou comparação: O resultado ou saída é comparada com algum padrão;
- c) Análise e decisão: É a existência ou não de diferenças e/ou divergências entre a saída com o padrão pré-estipulado. Nessa etapa inclui-se também o levantamento das ações corretivas ou preventivas que devem ser tomadas, caso for necessário;
- d) Ação e correção: Tomada de ação sobre as diferenças identificadas.

A figura 2 representa as etapas do ciclo de controle e a relação que elas apresentam entre si e em relação aos procedimentos dentro do esquema de fluxograma básico de produção.



Fonte: Ramos (2000).

Para Monteiro (2012, p. 10), “Qualidade é uma variável precisa e mensurável, oriunda do grau de conformidade do planejado com o executado. Esta abordagem dá ênfase a ferramentas estatísticas”. Portanto, de modo a corrigir e prevenir erros no processo, utiliza-se o Controle Estatístico de Qualidade, em que algumas das características de controle do

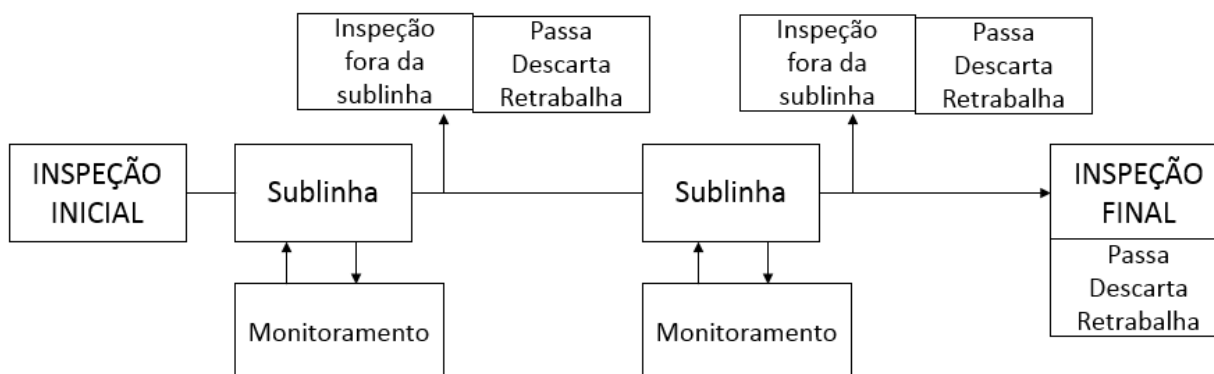
processo incluem: atuar nos microprocessos, englobar todos os envolvidos e exigir mudanças no conteúdo produtivo (arranjo, físico, método de trabalho, etc.).

### 2.2.1 *Inspeção x Monitoramento*

Monitorar ou controlar um processo baseia-se em uma ação diferente de simplesmente inspecioná-lo, mesmo que ambas atividades utilizem ferramentas estatísticas. A explicação para esse fato é que na inspeção, o objetivo é eliminar a peça que apresenta qualidade abaixo do aceitável, qualificando-se, assim, os itens em conformes e não conformes. Por outro lado, o monitoramento busca encontrar rapidamente alterações inusitadas em pontos estratégicos da linha de produção, permitindo a identificação de uma causa especial para que haja correção direta ou compensação com outras variáveis não efetivadas, sendo considerado mais eficiente a custos reduzidos na busca de melhoria contínua (SAMOHYL, 2009).

Grandes fábricas, de acordo com Samohyl (2009), que possuem o processo de produção já sob controle, não requer grandes inspeções a todo momento, isso porque existe elevado grau de confiança onde, historicamente, o produto tem saído dentro das especificações. O autor complementa que para controlar e estabilizar processo dessa tal forma utiliza-se ferramentas em CEQ direcionando na descoberta de grandes causas especiais para assim eliminá-las. Já as inspeções focam-se apenas na identificação de peças defeituosas, podendo ser realizada conjuntamente com o monitoramento, como observado na figura 3.

**Figura 3– Monitoramento do Processo e Inspeção de Peças.**



Fonte: Samohyl (2009).

### 2.2.2 *Tipos de CEP*

Para definir as melhores ferramentas e método de CEP a serem implantados em

determinada organização, Ramos (2000) relata que é importante primeiramente analisar em qual categoria de sistema de produção a indústria classifica-se, sendo essas:

- Produção em massa: grande volume de produtos com baixa diferenciação e poucos tipos de itens.
- Produção intermitente (repetitiva ou sob encomenda): maior diversificação de produtos ao comparado com produção em massa, possuindo linha de produtos ou fabricação sob especificação do cliente, devido a arranjo físico funcional e flexibilidade de equipamentos.
- Produção enxuta: adoção de sistemas como o *just-in-time*, células de manufatura, manufatura integrada por computador, etc., caracterizada por baixos estoques, flexibilidade de equipamentos em relação a volumes e tipos de produtos.
- Processo contínuo ou em batelada: utilizado por indústrias químicas e petroquímicas, baseado na não existência de unidades individuais de produto durante o processo, mas sim no final, durante a embalagem.

A partir da identificação do sistema de produção da empresa, pode-se desenvolver o tipo de CEP adequado a partir do quadro 1 que Ramos (2000) apresenta. E, para a compreensão deste, o autor também traz a definição dos tipos de CEP, sendo:

- Convencional: Tradicional, sendo bem apresentado em livros sobre qualidade, caracterizado pela disponibilidade de grande quantidade de dados;
- Pequenos Lotes: Indicado quando há pouca quantidade de dados e grande diversificação de produtos por mesmo equipamento.
- Processo Contínuo ou em Bateladas: Adequado para produção de natureza contínua, sendo difícil a separação do que é uma unidade do produto. O volume da quantidade de produtos pode variar, assim como a diferenciação de produtos, mas sendo geralmente produzidos pelo mesmo equipamento.

**Quadro 1– Sistemas de Produção e Tipos de Cep**

<b>Sistemas de Produção</b>	<b>Tipo de CEP</b>
Produção em Massa	Convencional
Produção Intermitente (Repetitiva ou Sob Encomenda)	Convencional e Pequenos Lotes
Produção Enxuta	Pequenos Lotes
Processo Contínuo ou em Bateladas	Convencional e Processo Contínuo

Fonte: Ramos (2000)



### 2.2.3 Variabilidade dos Processos

Em todo processo, mesmo que padronizado, existem diferenças entre as unidades produzidas durante o processo. Segundo Costa et al (2012), isso ocorre devido a fatores como inconsistências entre operários, lotes de matéria-prima, equipamentos, instrumentos de medição, entre outras causas aleatórias, que geram da variabilidade natural do processo que se mostra inevitável. Essa fonte de variação afeta todos os valores individuais de um processo e que mesmo com valores diferentes, quando agrupados, formam um padrão comum ou distribuição de probabilidade normal, sendo esperada e semelhantes entre os processos. Quando o processo apresenta apenas a variabilidade natural, diz-se que o processo encontra-se no estado de controle.

Entretanto, há outras causas ocasionais de perturbações maiores que são conhecidas como causas especiais. Costa et al(2012) afirma que as causas especiais deslocam a distribuição natural do gráfico de valores podendo gerar também uma maior dispersão. Essas causas podem ser analisadas a partir do fato de apresentarem um modo de operação anormal ou algum problema que pode ser corrigido ou eliminado. São caracterizadas por variações imprevisíveis do processo e apresentam alta divergência do histórico do processo.

### 2.2.4 Medidas de Centralização e Dispersão

Ao considerar uma visão estatística do processo de produção, Samohyl (2009) relata que analisa-se os números gerados em relação a simetria ao redor de uma tendência central, observando se há dados discrepantes, e se existe relação ou não entre esses dados diferentes. Para a definição de medidas que facilitem essa tendência central e dispersão dos dados, o autor ainda afirma que utiliza-se cálculos da área da estatística de forma a estabilizar características da função da variável aleatória, possibilitando também a identificação de dados díspares para que as causas possam ser eliminadas, corrigindo os processos.

Ainda, de acordo com Samohyl (2009), existem variados tipos de cálculo, onde nenhum é considerado o melhor, mas escolhe-se o mais adequado para a situação.

**a. Média:** Para o cálculo da tendência central, o mais conhecido é a média  $\bar{X}$  (x-barra) que baseia-se na soma de dados dividida pela número total( $n$ ) de valores da soma, como apresentado na fórmula a seguir:

$$\bar{X} = \left( \sum_{i=1}^n x_i \right) / n$$

**b. Mediana:** Para situações com números discrepantes e assimétricos utiliza-se a mediana (x-til). Quando a quantidade de valores é ímpar, utiliza-se o número que encontra-se exatamente no meio dos valores, ou seja, há a mesma quantidade de valores maiores e menores em relação o valor da mediana. Em caso de  $n$  par, utiliza-se os dois valores do meio dos números ordenados, calculando a média entre os dois (SAMOHYL, 2009).

**c. Variância e Desvio-padrão:** São medidas de dispersão que tem como objetivo representar como os dados se espalham ao redor da média e mostram-se igualmente importantes ao comparadas com as demais, pois muitas vezes nem todos os dados ficam próximos da média fazendo com essa não represente bem todos os números, como afirma Samohyl (2009). O autor também relata que para calcular o desvio ao redor da média de cada dado, faz-se a diferença entre o valor do dado e o valor da média e, quando o valor da média for maior, o desvio apresentará um número negativo, e vice versa. Dentro desse contexto, o autor cita que a variabilidade dos dados pode ser representada pela média dos desvios, onde a soma dos desvios sempre será zero. Inicialmente, os sinais são resolvidos pelo o quadrado do desvio, fazendo assim a diferença entre o valor individual e da média ao quadrado:  $(X_i - \bar{X})^2$ . A variância ( $S^2$ ) dos dados é a soma os quadrados dos desvios, dividido pelo número chamado de grau de liberdade que é o número de dados na coluna ( $n$ ) subtraindo 1, sendo assim,  $(n - 1)$  e, então calculada a raiz desse valor, como representada pela fórmula completa abaixo:

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}$$

Para calcular o desvio-padrão ( $S$ ), faz-se a raiz quadrada da variância, como apresentado pela fórmula a seguir:

$$S = \sqrt{S^2}, \text{ ou } S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

**d. Erro-Padrão da Média:** O cálculo de desvio-padrão de uma coleção de média, segundo Samohyl (2009), direciona ao erro padrão ( $S_{\bar{X}}$ ), que assemelha-se ao desvio-padrão, mas dividindo-o pela raiz quadrada do tamanho da amostra, como mostrado abaixo:

$$S_{\bar{X}} = \frac{S}{\sqrt{n}}$$

**e. Amplitude:** Segundo Samhoyl (2009), é o cálculo mais simplificado do

desvio-padrão, onde a amplitude (R) baseia-se apenas na diferença entre o valor máximo e o valor mínimo. A fórmula da amplitude, de acordo com Ramos (2000), apresenta-se como:

$$R = X_{m\acute{a}x} - X_{m\acute{i}n}$$

f. **Amplitude móvel (Rm):** Semelhante a amplitude, a amplitude móvel é o cálculo entre a diferença, em módulo, entre  $m$  valores individuais consecutivos (RAMOS, 2000).

### 2.2.5 Medidas para Dados Agrupados

Ao calcular-se os valores das médias e das amplitudes, nota-se variação entre elas que podem ser causados por causas comuns e/ou causas especiais; enquanto os valores individuais apresentam maiores oscilações do que suas respectivas médias. Dentro desse contexto, a média das médias ( $\bar{\bar{X}}$ ) desempenha uma melhor estimativa da média do processo, pois baseia-se em quantidade maior de dados (RAMOS, 2000).

a. **Média das Médias ( $\bar{\bar{X}}$ ):** Pode ser calculada por duas fórmulas diferentes, que segundo Ramos (2000), as amostras devem possuir o mesmo tamanho:

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum_{i=1}^k \bar{x}_i}{k} = \frac{\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^k x_{ij}}{k \times n}$$

Onde:

$\bar{x}_i = \frac{\sum x_i}{n}$ , ou seja, somatório dos dados individuais de uma amostra ( $\sum x_i$ ), dividido pela quantidade de dados (n).

k = quantidade de amostras.

n = quantidade de dados em cada amostra.

$$x_{ij} = \sum x_i \times n$$

b. **Amplitude Média ( $\bar{R}$ ):** Assim como a média das médias, a amplitude média representa melhor a variabilidade do processo ao comparada com a amplitude individual, portanto, segundo Ramos (2000), para o cálculo da  $\bar{R}$ , utiliza-se a seguinte fórmula:

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^k R_i}{k}$$

Onde:

$R_i$  = amplitude individual.

### 2.2.6 Cartas de Controle

Como ferramenta de controle estatístico do processo, Shingo (1996) afirma que as cartas de controle (gráficos de controle) desempenham um importante papel derivado de seus

dois tipos de limites: limites-padrão (intervalo de erro aceitável) e limites de controle (amplitude das variações durante o estágio de processamento). Segundo Samohyl (2009), esses gráficos representam visualmente o monitoramento da conformidade possibilitando fácil identificação de alterações não previstas a partir da plotagem de três linhas que representam a média (LM) e os limites superior (LSC) e inferior (LIC) que, quando apresentado valor fora desses, o processo mostra-se instável.

Os gráficos de controle se dividem em duas categorias, sendo, segundo Ramos (2000), por variáveis, onde as características são identificadas por meio de determinada medição (peso, comprimento, etc.), e por atributos, em que as características são decorrentes de uma classificação ou contagem (número de defeituosos, número de defeitos, etc.). Independentemente do tipo, para a construção de um gráfico de controle, o autor ainda afirma que são necessários o seguimento de alguns passos para que sua análise possa ser correta, sendo esses:

- a. Coleta de dados: realiza-se em determinado período de tempo no qual seja possível identificar quaisquer variações que possam aparecer no processo e deseja-se analisar;
- b. Cálculos: resumir as informações a partir de medidas estatísticas como média, amplitude, desvio-padrão, etc;
- c. Limites de controle: a partir dos valores obtidos na etapa anterior, calcula-se os limites de controle (LSC, LM, LIC);
- d. Marcar os valores no gráfico: utilizar dados da coleta para plotar todos os valores dentro de uma escala que permita a visualização do comportamento do processo;
- e. Marcar os limites de controle no gráfico;
- f. Análise: observar se há causas especiais (valores fora dos limites de controle).
- g. Corrigir: ao ser detectada uma causa especial, procura-se então identificar sua causa para assim eliminar e prevenir sua recorrência.

#### **2.2.6.1 Gráfico de Controle para Variáveis**

Os gráficos de controle para variáveis são utilizados, segundo Costa et al(2012), para monitorar características de qualidade que são representadas por variáveis contínuas. Dentro desse contexto, Samohyl (2009) afirma que o mais utilizado atualmente, sendo também o primeiro gráfico de controle lançado por Shewhart na década de 1920, é o gráfico da média ( $\bar{X}$ ) para variáveis mensuráveis; em que o plano de amostragem para mensuração consiste em pequenos subgrupos, sendo geralmente de até nove elementos.

### a. Gráfico da Média e Amplitude (x-barra e R)

Para o cálculo dos limites dos gráfico da média e amplitude, segundo Ramos (2000), utiliza-se as seguintes fórmulas:

$$LSC_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} + 3 \times \frac{\bar{R}}{d_2 \times \sqrt{n}} = \bar{\bar{x}} + A_2 \times \bar{R}$$

$$LM_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}}$$

$$LSC_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} - 3 \times \frac{\bar{R}}{d_2 \times \sqrt{n}} = \bar{\bar{x}} - A_2 \times \bar{R}$$

Onde:

$n$  = tamanho da amostra

$d_2$  = fator utilizado para correção de vício tabelado no Anexo A.

$A_2$  = valor tabelado no Anexo A.

Ramos (2000) também afirma que nos casos da amplitude, os limites de controle são calculados como:

$$LSC_R = (d_2 + 3 \times d_3) \times \frac{\bar{R}}{d_2} = D_4 \times \bar{R}$$

$$LM_R = \bar{R}$$

$$LIC_R = (d_2 - 3 \times d_3) \times \frac{\bar{R}}{d_2} = D_3 \times \bar{R}$$

Onde:

$D_4$  = valor tabelado no Anexo A

$D_3$  = valores no Anexo A, porém não existe para tamanhos de amostras menores que 7.

### b. Gráficos da Média e Desvio-Padrão (x-barra e S)

Ramos (2000) explica que os gráficos x-barra e s são semelhantes aos gráficos x-barra e R; entretanto, para tamanhos de amostras maiores que 10 ( $n > 10$ ), não é adequado utilizar a R para analisar a variabilidade, pois ele se torna ineficiente, principalmente ao comparado com s. Por isso, as fórmulas a serem utilizadas, de acordo com o autor, são:

$$LSC_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} + 3 \times \frac{\bar{s}}{c_4 \times \sqrt{n}} = \bar{\bar{x}} + A_3 \times \bar{s}$$

$$LM_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}}$$

$$LSC_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} - 3 \times \frac{\bar{s}}{c_4 \times \sqrt{n}} = \bar{\bar{x}} - A_3 \times \bar{s}$$

Onde:

$A_3$  = tabelado no Anexo A.

$c_4$  = tabelado no Anexo A.

Em relação ao desvio-padrão, Ramos (2000) relata que os limites de controle são calculados por:

$$LSC_s = (c_4 + 3 \times c_5) \times \frac{\bar{s}}{c_4} = B_4 \times \bar{s}$$

$$LM_s = \bar{s}$$

$$LSC_s = (c_4 - 3 \times c_5) \times \frac{\bar{s}}{c_4} = B_3 \times \bar{s}$$

Onde:

$B_4$  = tabelado no Anexo A ou  $= 1 + 3 \times \frac{c_5}{c_4}$

$B_3$  = tabelado no Anexo A ou  $= 1 - 3 \times \frac{c_5}{c_4}$ , sendo que para  $n < 6$ , não existe  $B_3$ .

#### c. Gráficos do Valor Individual e Amplitude Móvel (x e Rm)

Em determinadas situações, Ramos (2000) afirma que apenas valores individuais mostram-se disponíveis e, para o cálculo do gráfico de controle, torna-se necessário o uso da amplitude móvel (Rm) que representa a diferença em módulo entre valores individuais consecutivos. Portanto, o autor cita as fórmulas necessárias para calcular-se os limites, sendo:

$$LSC_x = \bar{\bar{x}} + E_2 \times \bar{R}m$$

$$LM_x = \bar{\bar{x}}$$

$$LIC_x = \bar{\bar{x}} - E_2 \times \bar{R}m$$

Onde:

$E_2$  = tabelado no Anexo A.

Enquanto para a amplitude móvel, os limites de controle são calculados a partir das fórmulas que Ramos (2000) apresenta:

$$LSC_{Rm} = D_4 \times \bar{R}m$$

$$LM_{Rm} = \bar{R}m$$

$$LIC_{Rm} = D_3 \times \bar{R}m$$

#### d. Gráficos da Média e Amplitude Móveis (xm-barra e Rm)

O tipo de gráfico de controle apresentado no tópico anterior utilizava a amplitude móvel; dessa mesma forma, esse outro tipo de gráfico utilizará também a média como móvel, calculando-se  $m$  a  $m$  valores, somando-os e dividindo-se o resultado por  $m$ . Esse gráfico mostra-se vantajoso pelo fato de que utilizando médias em vez de valores individuais torna-se mais visível a presença de causas especiais, proporcionando melhor desempenho quando há valores individuais altamente assimétrico (RAMOS, 2000). Para melhor compreensão do cálculo da média móvel, Ramos (2000) demonstra o exemplo abaixo, assim como as fórmulas para cálculo dos limites de controle:

Sendo  $m = 2$ , temos:

$$\bar{x}m_i = \frac{x_i + x_{i+1}}{2}$$

Onde:

$$i = 1, 2, 3, \dots, k - 1$$

$$LSC_{\bar{x}m} = \bar{\bar{x}}m + A_2 \times \bar{R}m$$

$$LM_{\bar{x}m} = \bar{\bar{x}}m$$

$$LIC_{\bar{x}m} = \bar{\bar{x}}m - A_2 \times \bar{R}m$$

E para a amplitude, Ramos (2000) afirma utilizar-se as mesmas fórmulas do gráfico anterior, sendo:

$$LSC_{Rm} = D_4 \times \bar{R}m$$

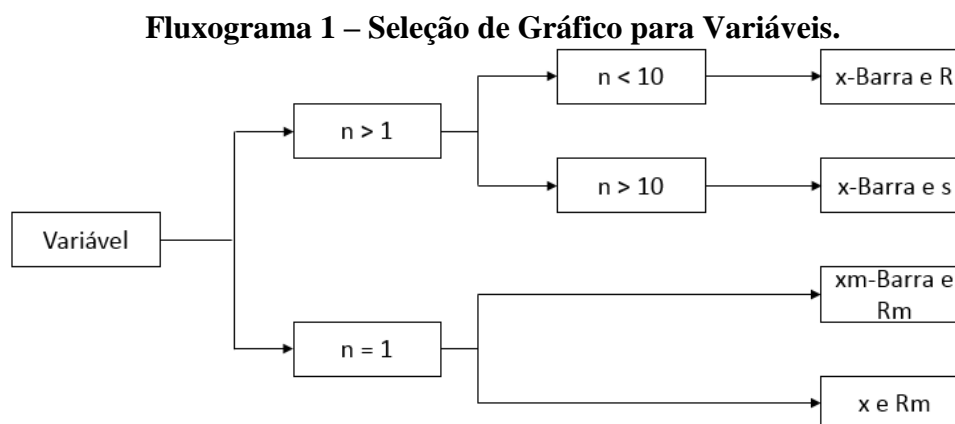
$$LM_{Rm} = \bar{R}m$$

$$LIC_{Rm} = D_3 \times \bar{R}m$$

#### e. Seleção do Gráfico Adequado

Como pôde ser analisado pelos tópicos anteriormente apresentados, existem diversas opções de gráficos apenas na categoria por variáveis, o que pode tornar-se confuso no momento da escolha devido ao fato de que há pouca diferença entre muitos deles; portanto, Ramos (2000) afirma que para definir qual utilizar é importante observar o tamanho da amostra ( $n$ ) que deseja-se empregar. Com amostras  $n > 1$ , as duas opções básicas são média e amplitude ou média e desvio-padrão. Com o aumento da amostra, gráficos de amplitude tornam-se cada vez menos eficientes; por isso, para  $n > 10$ , opta-se somente por gráficos média com desvio-padrão. Em casos em que o tamanho da amostra é unitário ( $n = 1$ ), decide-se por gráfico do valor individual com amplitude móvel. E, finalmente, gráficos como o de bateladas, por grupos e 3-D são usados somente para casos particulares, por tanto não serão

expostos no fluxograma de decisão apresentado a seguir:



Fonte: Ramos (2000).

## 2.3 Manutenção

Ainda dentro do controle do processo, analisa-se também a importância da manutenção de equipamentos e ferramentas a serem utilizadas, pois é a partir delas que qualquer produção baseia-se. Com a parada de qualquer etapa, todo o aspiral do progresso na qualidade de Juran (figura 1) acaba sendo afetado, pois ocorre o atraso que influencia nos planejamentos de manufatura, marketing, serviço ao cliente, etc. Por isso, para a qualidade, a gestão da manutenção é um fator extremamente essencial (CARPINETTI, 2012).

A definição geral para manutenção, segundo Xenos (1998), baseia-se nas medidas e atividades que visam manter e conservar algo, incluindo cuidados técnicos indispensáveis para que ocorra o funcionamento regular e permanente de equipamentos como motores. De forma mais técnica, o autor afirma que pode-se dizer que manutenção é a combinação de ações técnicas e administrativas que buscam manter ou recolocar determinado item no estado em que seja possível desempenhar a função ao qual requer-se, de forma em que determinado equipamento cumprirá as funções adequadamente aos quais foi projetado.

### 2.3.1 Métodos de Manutenção

Segundo Xenos (1998) existem diferentes tipos de manutenção e diferentes maneiras de classificar esses métodos. Os tópicos abaixo abordam as três principais classificações de manutenção.

- a. Manutenção Corretiva



Segundo Xenos 1998, a manutenção corretiva é sempre feitas após que algum tipo de falha é manifestada. Esse tipo de manutenção deve ser adotada levando em conta fatores econômicos, se a manutenção for mais barata do que tomar ações preventivas, a manutenção é uma boa opção, contudo além do valor econômico temos que levar em conta as perdas por paradas na produção.

b. Manutenção Preventiva

Sobre a manutenção preventiva, Xenos (1998) diz que deve ser feita periodicamente sendo a principal atividade de manutenção de uma empresa, por representar parte fundamental do plano de manutenção de uma empresa. Esse tipo de manutenção envolve várias práticas sistemáticas, como inspeções, reformas e trocas de peças. Dessa forma, a manutenção preventiva aparenta-se mais cara, pois muitas vezes as peças não chegam ao final de sua vida útil total; entretanto, há diminuição de paradas das máquinas ou equipamentos por quebra, evitando desperdício de tempo produtivo, assim como retrabalho devido os defeitos causados por essas falhas do equipamento. Outra vantagem está no fato de que pode-se também realizar essa manutenção em momentos em que os equipamentos não estão sendo utilizados.

c. Manutenção Preditiva

Segundo Viana (2002), a manutenção preditiva é composta por tarefas de manutenção preventiva que acompanham as máquinas e peças por monitoramento, por medições ou por controle estatístico que tentam prever a próxima ocorrência da falha. Essa manutenção tem o objetivo de determinar o tempo correto da necessidade da intervenção mantenedora, com isso evitando desmontagens para realizar a inspeção, utilizar o componente até o máximo da sua vida útil.

### **2.3.2 Gestão da Manutenção**

Xavier (2004, p.2) define gestão como “o conjunto de ações para o gerenciamento global que para ser representado necessita das demais palavras da matriz 5W2H tamanha a sua importância: O QUE, PORQUE, ONDE, QUANTO, QUANDO”. Portanto, entende-se que a gestão da manutenção é baseada em todas as ações praticadas que proporcionam a implantação de atividades referentes a manutenção, incluindo as definições de cada etapa e de suas características, de modo que o planejamento de tais ações possa ser aplicado corretamente dentro de uma organização.

## 2.3 Tijolos

As principais características dos materiais cerâmicos que os destacam dentre os materiais utilizados para construções são a durabilidade e facilidade de fabricação, assim como abundância de matéria-prima, consequentemente, baixo custo. Um desses cerâmicos que tornou-se componente básico de qualquer construção de alvenaria é o bloco cerâmico, também conhecido como tijolo (INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA, 2012). Os tijolos cerâmicos são fabricados utilizando a argila comum que possui uma característica particular que é a cor da queima ser avermelhada (PINHEIRO E HOLANDA, 2000). De acordo com Silva (2009), pode-se classificar os tijolos a partir de suas características e pelo tipo de aplicação.

Por características são:

- a. Maciço: o volume de argila cozida é superior a 85% de seu volume total;
- b. Furado: possui furos ou canais de diferentes formas e dimensões;
- c. Perfurado: apresenta furos perpendiculares ao leito.

Quanto ao tipo de aplicação:

- a. Face à vista: destinam-se a exposição interna ou externamente em uma edificação;
- b. Enchimento: não resistente e suporta apenas seu próprio peso;
- c. Estruturais: destina-se a função estrutural na construção.

### 2.4.1 Argila

A argila é um produto provido da natureza, terroso, é formada por partículas coloidais de granulometria muito fina (diâmetro inferior a 0,005 mm), e é capaz de desenvolver características como alta plasticidade por meio da mistura com água e pode alcançar outros estados como de difícil desagregação ao ser submetida sob pressão e endurecimento depois de processada. As substâncias que formam as argilas são chamadas de argilo-minerais, caracterizadas por serem silicatos hidratados de alumínio, ferro e magnésio, geralmente com percentagem de álcalis e alcalino-terrosos. A caulinita é um dos argilominerais mais abundantes, mas dificilmente encontrada pura, mas quando pura e úmida apresenta-se muito plástica. Além dos minerais, sua propriedade apresenta a sílica pura, alumina, ferro, cálcio, magnésio e matéria orgânica. Devido ao fato de sua origem ser das rochas ígneas e feldspatos de diversos tipos, as argilas são encontradas também com características variadas (LEGGERINI, 2010).

Os variados tipos de argilas são baseados na mistura de diferentes hidrossilicatos de alumínio chamados de materiais argilosos que representam unidades estruturais simples. Suas diferenças são em resultado da diversa relação de alumina e sílica, quantidade de água constituinte e sua estrutura. Alguns desses materiais argilosos são a caulinita, montmorilonita e a illita (GRUPO TCHÊ QUÍMICA, 2015). Dessa forma, segundo Grupo Tchê Química (2015), os tipos de argilas são:

- a) Argilas de cor de cozimento branca: caulim e argilas plásticas;
- b) Argilas refratárias: caulim, argilas refratárias e argilas altamente aluminosas;
- c) Argila para produtos de Grês;
- d) Argilas para materiais cerâmicos estruturais, amarelas ou vermelhas.

Quanto a sua classificação, as argilas são denominadas de gordas (forte/dura) e magras (fraca/mole), em que Leggerini (2010) afirma que para a produção de tijolos, telhas e outros materiais cerâmicos estruturais, geralmente utiliza-seessas duas variantes de argilas. As argilas gordas apresentam característica de muita plasticidade e deformam-se mais no cozimento (realizado pelo processo de queima) em razão da alumina. Por outro lado, as argilas magras são mais porosas e frágeis em virtude do excesso de sílica (GRUPO TCHÊ QUÍMICA, 2015).O quadro2 auxilia na compreensão sobre o que cada material encontrado na argila influencia a produção de produtos cerâmicos.

**Quadro 2 – Atuação dos Componentes da Argila na Fabricação de Produtos Cerâmicos**

<b>MATERIAL</b>	<b>ATUAÇÃO</b>
Sílica livre (em forma de areia)	Diminui a plasticidade e refratariedade da argila; reduz a resistência mecânica da cerâmica obtida; reduz a retração e a deformação; facilita a secagem. Necessária na fabricação da cerâmica, pois ao fundir forma o vidro que aglutina e endurece o material.
Alumina	Aumenta a plasticidade e a resistência mecânica; aumenta as deformações.
alcalis (cal, magnésia e sódio)	Fundentes que clareiam a cor das cerâmicas; O óxido de ferro mistura-se com a caulinita e confere a cor vermelha ou amarela. Pode formar pintas ou manchas; Reduz a refratariedade; aumenta a dureza da cerâmica; Aumenta a Retração.
Materiais orgânicos	É ruim para a cerâmica, pois apesar de aumentar a plasticidade, torna a cerâmica mais fraca e porosa; Confere cor escura à argila antes do cozimento, que desaparece, pois a matéria orgânica é queimada.

Sais diversos	Na maioria dos casos são inertes, tem efeito sobre a cor podendo causar defeitos em algumas cerâmicas.
---------------	--

Fonte: Baseado em Leggerini (2010) e Ries (1906).

As três propriedades mais importantes das argilas, segundo o Grupo Tchê Química (2015), são a plasticidade, retração e efeitos do calor.

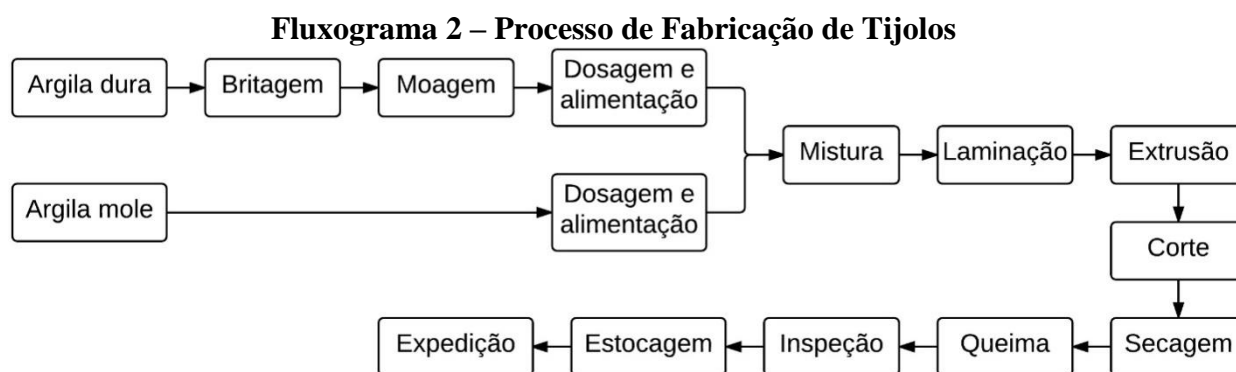
a) Plasticidade: Ao ser submetido a força, essa propriedade confere se ocorrerá a deformação que se conservará ao anular-se a força. Considera-se o estado plástico como um intermediário entre o sólido e o líquido, apresentando características de ambos. Nas argilas, essa propriedade varia com a quantidade de água, onde a argila seca possui plasticidade nula e, conforme adiciona-se água, ela vai obtendo plasticidade até um certo limite, pois acima desse, as lâminas se separam, gerando a perda da plasticidade e tornando a argila em um líquido viscoso. Inclusões de ar diminuem a plasticidade, portanto tratamentos a vácuo melhoram argilas de qualidade inferior (menos plásticas). A temperatura também diminui a plasticidade devido ao fato de diminuir a água. A redução da plasticidade também é realizada pela adição de desengordurantes (GRUPO TCHÊ QUÍMICA, 2015).

b) Retração: De acordo com o Grupo Tchê Química (2015), um produto cerâmico, ao ser exposto ao ar, inicia seu processo de secagem. A velocidade da evaporação da água ocorre igual a que teria uma superfície de água semelhante a do produto, porém, essa velocidade vai diminuindo em razão de que as camadas externas, ao secar, vão recebendo água das camadas internas por capilaridade de forma que o conjunto apresente uma tendência de homogeneização contínua. Desse modo, são cada vez menores as quantidades de água provenientes das camadas internas. Durante esse processo, o lugar que anteriormente era ocupado pela água, tornam-se vazios e, por isso, o conjunto retrai-se. A retração mostra-se proporcional ao grau de umidade, mas varia também com a composição da argila: quanto mais caulinita, maior a retração, isso porquê no caulim, a retração está entre 3 a 11%, enquanto nas argilas mais magras, 1 a 6%. A retração apesar de esperada apresenta o efeito negativo de deformação devido ao fato de que esse processo não é absolutamente uniforme. Portanto, fatores que aumentam a plasticidade (atividade positiva) também aumentam a retração (atividade negativa).

#### **2.4.2 Processo de Fabricação**

O processo de fabricação de tijolos pode variar de empresa para empresa e essa

variação pode ocorrer também devido as propriedades da argila encontrada em diferentes solos. Em determinados solos, a argila não possui os componentes necessários para que a massa do tijolo seja adequada seguindo requisitos de segurança e qualidade, portanto, em tais casos, necessita-se da adição de aditivos (ABCERAM, 2011). O fluxograma2 representa o processo de produção dos tijolos a partir de um fluxograma baseado em pesquisa em literatura juntamente com observações realizadas em visita técnica em empresas do ramo na região dentro do estado de Rondônia.



Fonte: Baseado em ABCERAM (2011).

#### a. Extração da Matéria Prima

A primeira fase do processo de fabricação dos tijolos consiste na extração da matéria prima principal. Para isso, uma jazida é escolhida depois de estudos sobre o tipo de argila existente naquele solo, são utilizados equipamentos (retroescavadeiras) que auxiliam essa extração (SOARES et al, 2006).

Para a fabricação de tijolos são utilizados dois tipos de argila, denominadas de argilas gordas e argilas magras referentes as características de plasticidade. As argilas magras são mais porosas e frágeis decorrente ao tamanho dos grãos serem maiores e a grande quantidade de sílica. São, também, ricas em quartzo que funciona como redutor de plasticidade. A argila gorda tem uma maior plasticidade devido a alumina e é predominantemente caulinítica, onde sua granulometria é muito fina. Após a argila ser extraída, elas serão encaminhadas por caminhões até chegar ao local onde ficará armazenada, a matéria prima ficará exposta a céu aberto, observando as características de umidade no verão e inverno, uma vez que há a possibilidade de longo tempo exposição dependendo dos aspectos de produção da indústria (OLIVEIRA, 2011).

b. Britagem

O processo de britagem constitui-se de operações que tem por finalidade quebrar a argila em partes menores para melhor processamento nas próximas fases de beneficiamento do material. Segundo Honório (2010), através de esforços de impactos é realizada a quebra das partículas, ficando aptas para o próximo processo, para essa atividade utiliza-se equipamentos como britadores. Oliveira (2011) afirma que essa etapa consiste na operação de fragmentação da argila, dando a essa matéria prima uma característica menor, é um processo bastante utilizado quando se trata de um material com maior dureza, nesse caso, quando a argila apresenta essa propriedade é utilizado o processo de britagem.

c. Moagem

Lima e Piti (2004) afirma que esse processo consiste em tornar os grânulos menores ainda, para que possa formar uma massa homogênea. O processo de moagem é utilizado para as argilas que possuem características duras ou semiduras, isso acontece pela umidade da argila, se ela contém um valor menor que 18% de umidade ela passa pelo processo de moagem, obtendo como resultado uma massa mais homogênea.

d. Dosagem e Alimentação

A etapa de dosagem e alimentação realiza o controle de quantidade de matéria prima que será destinado para as próximas fases. A dosagem pode ser feita por caixões alimentadores, que irão conduzir o material para os desintegradores (BASTOS, 2003).

e. Mistura

A partir da etapa de dosagem, onde a formulação estrutural da massa é disposta de uma composição ideal de plasticidade de modo a proporcionar resistência e boa trabalhabilidade para o tijolo, ocorre-se, então a fase da mistura. Segundo Soares e Nascimento (2007), a mistura da argila gorda (caracterizada por alta plasticidade e granulometria fina) com argila magra (menor plasticidade e granulometria grossa, rica em quartzo) forma uma massa homogênea que é acrescida água em teor médio de 20%. Para Martins e Silva (2004), pelo fato do tijolo tradicional ser um produto cerâmico que não exige

propriedades críticas, o processo consiste na mistura dos ingredientes com apenas água. Os equipamentos geralmente utilizados nesse processo são: moinho, desintegrador, misturador, caixão alimentador e laminador. Utiliza-se também uma bomba que retira o ar da massa para não prejudicar a massa gerada na mistura.

f. Laminação

Essa etapa consiste na laminação das partículas reduzindo sua granulometria em que, quanto mais fechado estiver o laminador, melhor será essa atividade, sendo, portanto, fundamental a regulagem periódica do equipamento. Essa etapa torna-se fator determinante para a qualidade do acabamento, redução de consumo de energia durante a queima para evitar perdas, pois é necessário que a granulometria das partículas da argila seja reduzida para que as atividades subsequentes possam ser realizadas adequadamente (FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE MINAS GERAIS, 2013).

g. Extrusão

De acordo com Soares e Nascimento (2007), a próxima etapa consiste em forçar e compactar a pasta plástica e rígida por um pistão ou eixo helicoidal para assim criar o molde desejado em uma coluna contínua de forma de tijolo que passa através da boquilha. A máquina que realiza esse processo é chamada de maromba ou extrusora que unifica a massa de forma homogênea, desagrega e compacta a massa dando a forma.

h. Corte

Após a fase de extrusão, Silva (2009) relata a fase de corte, onde a coluna contínua de massa já moldada é cortada seguindo padrões de dimensão e, assim, obtendo-se as peças de tijolos que seguirá para o processo de secagem. Os tijolos são cortados cerca de 2 centímetros maiores do que o tamanho que se espera no resultado final devido ao fato de ele diminuir no processo de secagem e queima. Essa etapa produz o tijolo verde, ou seja, aquele que ainda não passou pelas etapas de secagem e nem de queima.

i. Secagem

Segundo Müller et al (1990), depois da etapa de constituição, as peças na sua maioria

continuam a conter água, a qual é proveniente da separação da massa. Para evitar tensões e, conseqüentemente, defeitos nas peças, é necessário eliminar essa água, assim essa eliminação tem que ser feita de forma gradual e lenta em secagem natural ou por meio de secadores a qual a temperatura varia de 50 °C e 150 °C.

De acordo com o grupo Tchê Química (2015), quando á um bloco de argila exposto ao ar, seca. A velocidade da evaporação natural da água é igual a que teria uma superfície que tenha agua no tamanho da do bloco, depois de passado algum tempo a velocidade de evaporação vai diminuindo, pois as camadas mais externas ao se secarem recebem umidade de outras camadas internas por capilaridade assim todo o bloco seca continuamente, tendo a quantidade de agua vindo das camadas internas cada vez menores.

No lugares que a agua ocupava dentro do bloco vão ficando vazios com o decorrer da secagem assim esses lugares vazios causam uma retração de 3 a 11%. Um efeito negativo dessa retração é que não tem uma uniformidade, podendo o bloco se deformar.

#### j. Queima

ABCERAM (2011) afirma que na queima a qual também é conhecida como sinterização, os produtos adquirem suas propriedades finais. Essas peças após e secagem são submetidas a um tratamento térmico a temperatura altas tais como 800 °C a 1700 °C, em fornos contínuos ou intermitentes que operam em três fases distintas:

- a) Aquecimento da temperatura ambiente até a temperatura desejada;
- b) Patamar durante certo tempo na temperatura especificada
- c) Resfriamento até a temperatura inferior a 200 °C.

O ciclo de queima ocorrendo em três fases, dependendo do produto queimado pode haver uma variação de tempo de minutos a dias. Durante esse tratamento térmico ocorre uma série de transformações em função dos componentes da massa, como a perda de massa, desenvolvimento de novas fases cristalinas, formação de fase vítrea e união de grãos. Por isso, essa é a função do tratamento térmico e das características das diferentes matérias-primas, assim, podendo obter produtos para as mais diversas aplicações (ABCERAM, 2011).

Quando se aquece uma argila entre 20 e 150 °C ela perde somente a água externa (livre) da argila, quando se aquece entre 150 a 600°C ela perde a agua absorvida e a argila vai enrijecendo e perdendo o restante da água. Até esse momento só houve alterações físicas, mas após a argila superar a temperatura de 600°C começam as alterações químicas que ocorre em três estágios, no primeiro a estágio toda a água é expulsa causando um enrijecimento. O



segundo estágio é a oxidação, em que os carbonetos se transformam em óxidos e no terceiro estágio que tem seu início por volta de 950° C, há a vitrificação. A sílica de constituição a as areias forma pequenas quantidades de vidro, que, aglutina a os demais elementos, obtendo assim dureza, resistência e compactação do conjunto, após esse processo surge a cerâmica propriamente dita (GRUPO TCHÊ QUÍMICA, 2015).

#### k. Inspeção

A inspeção é realizada após a saída do tijolo do forno, os tamanhos dos tijolos tem que obedecer a normas de tamanho estabelecidas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas NBR 15270-1:2005. Há variações quanto as dimensões de largura (L), altura (H) e comprimento (C), sendo a mais comum na região o tijolo de 6 furos de (9 x 14 x 24) cm. A normatização também regulamenta que a tolerância individual para essas dimensões é de  $\pm 5$  mm, enquanto a tolerância dimensional relacionada a média das dimensões é de  $\pm 3$  mm. Compreendendo esses requisitos, os tijolos estão conformes e prontos para seguirem para o estoque (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005).

#### l. Estocagem e Expedição

Os tijolos são armazenados em estoque os quais são disposto um sobre o outro, em fileiras uniformes a temperatura ambiente, o qual ficara estocado até chegar a hora do embarque. A expedição geralmente é realizada por caminhões e que variam de acordo com a estratégia da empresa.

### 3 METODOLOGIA

A pesquisa, como Michel (2005) explica, trata-se da atividade que busca estudar, analisar, registrar, interpretar e descrever o conhecimento constituído de aproximações sucessivas e nunca esgotado. Dentro desse contexto, a pesquisa pode ser classificada em diversos tipos a partir de suas características e objetivos gerais. E, analisando o que pretende-se com esse estudo, o tipo de pesquisa o qual o define é caracterizada como aplicada, pois tem como objetivo a utilização dos conhecimentos e resultados adquiridos na pesquisa básica, focando-se no aspecto utilitário da pesquisa, de forma a transformar o conhecimento em elementos e situações para a geração de melhoria da qualidade de determinado ponto (MICHEL, 2005).

As informações e conhecimentos obtidos pela pesquisa bibliográfica nesse estudo relacionam-se com a aplicação da ferramenta de cartas de controle e seus respectivos cálculos de forma a propiciar a análise de estabilidade do processo por meio de seus limites de controle.

Quanto ao método, sabe-se que o dedutivo, segundo Lakatos e Marconi (2008), parte de generalizações aceitas de leis abrangentes para casos concretos, onde a pesquisa terá como base teorias amplas para chegar a um resultado específico. Por outro lado, de acordo com o Lakatos e Marconi (2008), o indutivo busca a observação de alguns fenômenos particulares para então confirmar hipóteses que serão aceitas para aquela mesma classe, ampliando o alcance do conhecimento. Dentro desse contexto, a análise das especificações do produto em relação às normas regulamentadoras vigentes e os padrões de qualidade pré-definidos será realizada a partir de coleta de dados das características: níveis de retração ocorridas após as fases de secagem e queima, índices de perda de água durante as fases anteriormente citadas e porcentagem de resíduos encontrados na argila em um intervalo de 05 meses de estudo.

Pode-se dizer que esse estudo classifica-se como dedutivo, em razão de utilizar fórmulas já estudadas para cálculos de diversas variáveis, para assim obter-se resultados que comprovem determinada hipótese. Ainda como fins de classificação, a pesquisa possui uma abordagem de cunho quantitativo, visto que, segundo Michel (2005), essa abordagem baseia-se no uso da quantificação a partir da coleta e tratamento de informações por meio de técnicas estatísticas, como média, amplitude móvel, entre outras. Esses cálculos serão realizados para tratar os dados coletados das características dos tijolos e utilizá-los para a aplicação dos gráficos de controle que requerem esses cálculos para disponibilizar uma análise da estabilidade e padronização do processo produtivo da organização.

Ainda o autor Michel (2005) complementa que um dos principais objetivos da pesquisa quantitativa é de garantir precisão dos resultados sendo esses comprovados por variáveis preestabelecidas e suas implicações e influência, evitando distorções de análise de interpretação nas correlações estatísticas, onde a investigação se disporá em forma numérica.

Para o delineamento da pesquisa, Gil (2006) afirma que utiliza-se os procedimentos técnicos de coleta e análise de dados como classificação. Partindo dessa premissa, observa-se que esse estudo possui duas diferentes técnicas de coleta, dado que, inicialmente utilizou-se de pesquisa bibliográfica. Essa pesquisa, segundo Gil (2006), emprega material elaborado em livros como principal fonte, apresentando ideologias, sendo vantajosamente amplo em relação a gama de fenômenos e adicionalmente a pesquisa bibliográfica, o estudo contará com a observação direta, onde relata-se as informações em tempo real por meio de acompanhamento do processo produtivo.

A pesquisa ocorreu no intervalo de aproximadamente 150 dias consecutivos, compreendendo os dias produtivos dos meses de janeiro a maio de 2016. No período procurou-se averiguar a estabilidade do processo e os resultados provenientes da resposta rápida do controle diário do processo.

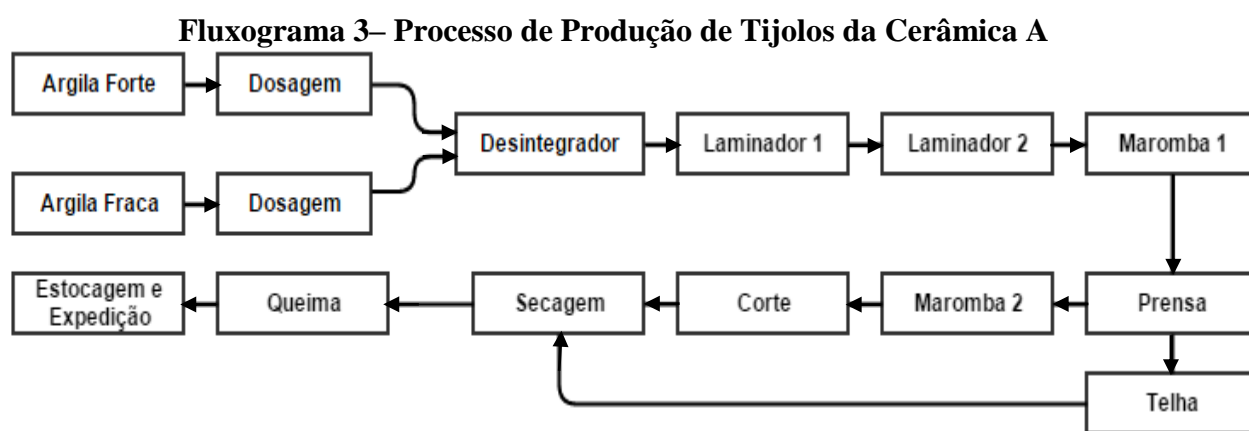
### **3.1 Caracterização do Local de Estudo**

A pesquisa foi desenvolvida em uma cerâmica localizada no município de Cacoal – RO, a qual teve o processo de fabricação de tijolos monitorado a fim de averiguar a estabilidade estatística do processo, servindo de base na tomada de decisão. No decorrer deste trabalho iremos denominar a empresa de Cerâmica A com o intuito de manter sigilo quanto aspectos industriais e administrativos da empresa sob estudo.

A cerâmica A atua no setor de cerâmicas vermelhas e seu mix de produtos é composto por: telha romana, telha cumieeira, elemento vazado, tijolos e lajes. A empresa atua no mercado desde 1986, com inicialmente 40 funcionários, aumentando gradativamente esse número, principalmente devido a expansão ocorrida no ano de 1994, contando atualmente com 85 funcionários. A empresa possui um sistema de produção em bateladas e realiza a comercialização de tijolos para todo o estado de Rondônia e telhas também para o estado do Acre. O processo produtivo da empresa é apresentado brevemente no tópico seguinte.

### 3.1.1 Processo de Produção da Cerâmica A

O processo de produção de tijolos realizado pela cerâmica A apresenta algumas diferenças em relação ao processo explicado pelo referencial teórico, isso devido as peculiaridades e características que cada empresa possui, assim como o maquinário, a estrutura física, layout, nível tecnológico, mix de produtos. Dessa forma, para a compreensão das etapas realizadas pelo objeto de estudo dessa pesquisa, utilizou-se o fluxograma 3 com as referentes explicações pelos tópicos a seguir.



Fonte: Autora.

a) Dosagem: Como Leggerini (2010) afirma, para a produção de tijolos, utiliza-se a argila forte e a fraca que são armazenadas em caixões alimentadores com um dosador no fundo por onde libera certa quantidade de argila. A proporção de 60% de argila fraca e 40% de argila forte é controlada através da velocidade das esteiras de alimentação da fase de desintegração da matéria-prima, que estão localizadas abaixo dos caixões alimentadores, que os interliga com o desintegrador. Esse ponto mostra-se crítico, pois a proporção de argila sendo efetuada incorretamente impactará em diversos aspectos dos produtos devido as diferentes propriedades e funções de ambas as argilas. O fator umidade da matéria prima desse ponto também interfere no processo de produção das cerâmicas, pois há uma quantidade de água que deseja-se obter na massa que, ao ser superior ou inferior, também proporcionará diferentes reações dos produtos quanto as etapas finais em relação a plasticidade, retração, entre outros.

b) Desintegrador: O desintegrador diminui a granulometria da argila, fazendo com que os torrões presente possam se esfarelar para que as etapas seguintes possam ser realizadas.

c) Laminador 1: O laminador 1 é responsável em fazer a primeira laminação

denominada como laminação grosseira. Esse procedimento baseia-se na redução da granulometria dos grãos da argila, desagregando quaisquer torrões que não tenham se desintegrado na etapa anterior.

d) Laminador 2: A segunda laminação é conhecida como laminação fina e tem como propósito tornar os grãos ainda menores. Para isso, esse segundo laminador apresenta-se mais fechado.

e) Maromba 1: A argila segue para a maromba onde é adicionada água a massa para assim ser extrusada, forçando-a e compactando-a de modo a formar pequenos blocos que seguem por uma esteira para a próxima etapa. O controle da adição de água á massa é realizada de forma manual com base nos dados do amperímetro, equipamento acoplado a maromba que controla a força (“potência”) da máquina pela entrada maior ou menor de corrente elétrica. Este controle tem ação direta na qualidade da massa devido ao fato de que a massa não deve apresentar excesso e nem falta de água.

f) Prensa: A prensa realiza o processo de modelagem da telha por meio de formas específicas a partir dos blocos que são trazidos pela esteira. Os tijolos da Cerâmica A são fabricados pelas rebarbas do molde das telhas. O material de excesso é depositado sobre esteiras instaladas abaixo das prensas de telhas e seguem para as etapas específicas para tijolos.

g) Maromba 2: A segunda maromba extrusa a massa não utilizada para a formação das telhas de modo a compactar novamente esse material e modelar, por meio de boquilhas específicas, o formato do tijolo. Na saída da maromba, uma coluna contínua nos moldes de tijolo segue para a próxima etapa.

h) Corte: A coluna contínua segue na esteira enquanto a cordoalha (máquina responsável pelo corte) realiza sua atividade nas medidas ajustadas para gerar os blocos de tijolos. A cordoalha é ajustada para medidas de tijolos verdes de 26 cm de comprimento, 2 cm superiores comprimento final totalizando 8% de possibilidade de retração. Ao considerar-se a tolerância de  $\pm 5$  mm, o tijolo pode retrair entre 5,9-10,1% e continuar conforme segundo a ABNT NBR 15270-1:2005. Sendo que as medidas de furos e altura são estipuladas pela boquilha da maromba, utilizando essa mesma relação.

i) Secagem: Tanto os tijolos como as telhas seguem para secadores em temperaturas que variam entre 40°C, no início do processo, a 120°C. Esse processo dura aproximadamente 50 horas para ser realizado, onde tentativas de reduzir esse tempo, já realizadas pela empresa, resultaram em elevado número de defeitos no produto acabado,

como o de trincagem de tijolos na saída dos fornos.

j) Queima: O processo de queima é realizado após a secagem e, para isso, inicialmente faz-se a atividade de aquecimento denominada pela empresa e seus funcionários como “esquente”, que é a permanência dos produtos em uma temperatura menor do que a necessária para a queima e, para assim, chegar a temperatura de 880°C. Para esse processo, utiliza-se fornos que podem variar de tamanho, capacidade de manter o calor, etc, e que, por isso, o tempo varia, podendo chegar a 100 horas até o produto ser retirado dos fornos pronto. Antes de serem retirados dos fornos, os produtos passam por um processo de resfriamento para assim haja o descarregamento dos fornos. Os fornos utilizados pela empresa são do tipo abóboda.

k) Estocagem e Expedição: Os produtos finalizados são contados e armazenados em locais disponíveis da cerâmica, sendo eles tanto cobertos como expostos para que possam, assim, serem comercializados e expedidos.

### **3.2 Cartas de Controle Utilizadas**

O sistema de produção característico do segmento de atuação do setor de cerâmicos é o de bateladas, pois para a produção dos diferentes tipos de tijolos e telhas, há a necessidade da troca da boquilha da maromba, assim como da forma da prensa e, conseqüentemente, é o adotado pela empresa Cerâmica A, tão logo, o tipo de CEQ indicado é o convencional ou de pequenos lotes. Entretanto, a partir das definições de ambos os tipos, o mais adequado e utilizado foi o convencional, pois há grande volume de produção em cada lote (assemelhando-se bastante com o de produção em massa) e as informações obtidas são pertinentes a todos os tipos de produtos já que devem ser fabricados utilizando a mesma matéria prima. Realizou-se avaliação por variáveis do tipo quantitativas.

Conforme orientação de Ramos (2000), na qual explicita que a seleção dos gráficos de controle a serem utilizados deve ser baseado no tamanho da amostra, na empresa sob estudo pelas características fabris, onde o tamanho da amostra é unitário ( $n = 1$ ), a escolha foi pelo o uso dos gráficos de controle do valor individual com amplitude móvel. As fórmulas de cálculo para os LM, LSC e LIC são apresentados no tópico 2.2.6.1, item (c).

### **3.3 Técnicas de Coleta de Dados e Instrumentos de medição**

A coleta de dados foi realizada nos meses de janeiro, fevereiro, março, abril e maio do

ano de 2016, onde parte deles foram obtidos a partir do banco de dados da empresa que é abastecido pelo funcionário responsável pelo laboratório. Parte dos dados também foram captados pela autora desse estudo com o auxílio do responsável que demonstrou os procedimentos e acompanhou todas as etapas.

### 3.3.1 Dados de Retração dos Tijolos

O procedimento de coleta de dados da retração de tijolos inicia-se com a retirada de um tijolo verde recém cortado e a separação de uma amostra de 100mm de sua parede, medida por meio um paquímetro digital, como mostra a figura 5. A segunda etapa é da secagem da amostra no forno elétrico durante 5-6 horas em aproximadamente 100° C. Faz-se então a medida da amostra para análise da retração ocorrida pela secagem e, então, a amostra segue para os fornos, juntamente com o lote de tijolos do dia de produção, para que seja realizada a etapa da queima. São posicionados no centro dos fornos e, assim que desenformados, são medidos novamente para obter os valores de retração gerados pela queima. Esses dados são coletados uma vez por dia pelo profissional do laboratório da empresa. Os dados referentes a essa coleta encontram-se tabelados no Anexo B.

**Figura 4 - Paquímetro Digital.**



**Fonte: Autora.**

A porcentagem de retração nas fases de secagem e queima são dados pelas equações 01 e 02.

$$Rs = Ms - Mv \quad \text{Equação 01}$$

$$Rt = \frac{(Rq + Rs)}{Mv} * (100) \quad \text{Equação 02}$$

Onde:

**Rs**- Retração na etapa de secagem, em mm;

**Ms** – Massa seca, em mm;

**Mv** – Massa verde, em mm.

Rt- Retração total, em porcentagem;

Rq- Retração queima, em mm;

### 3.3.2 Dados de Umidade dos Tijolos

Para a captação dos dados da umidade encontrada no tijolo verde, utiliza-se as mesmas amostras recolhidas para coleta de retração, onde essas são pesadas antes e depois da secagem, para a análise da quantidade de água perdida a partir da diferença de peso, assim como após a queima. Utiliza-se uma balança digital, como mostra a figura 6 que, dessa forma, identifica-se os dados do total de massa úmida (água) que foi perdida durante os processos de secagem e queima. Os dados dessa coleta estão disponibilizados na tabela do Anexo C.

**Figura 5 – Balança Digital**



**Fonte: Autora.**

A taxa de umidade é dada pelas equações 03 e 04.

$$Mu = \frac{(Pv - Ps)}{Pv} * (100) \quad \text{Equação 03}$$

$$Mt = \frac{(Pv - Pq)}{Pv} * (100) \quad \text{Equação 04}$$

Onde:

Mu- Massa úmida, em porcentagem;

Pv- Peso da amostra verde, em miligramas;

Ps- Peso da amostra após secagem, em miligramas;

Pq- Peso da amostra após queima, em miligramas;

Mt- Massa úmida total, em porcentagem.



### **3.3.3 Dados Argila**

A argila utilizada como matéria-prima para produção de tijolos é analisada com relação a dois parâmetros de qualidade: umidade e porcentagem de resíduos. Por isso, os tópicos abaixo apresentam as técnicas de coleta de dados de ambas propriedades.

#### **3.3.3.1 Umidade da Argila**

Para a análise da umidade da argila os procedimentos baseiam-se na coleta de 200g da argila misturada (forte e fraca), laminada e extrusada pela primeira maromba. Após essa coleta, realiza-se a secagem da massa em forno elétrico, com posterior pesagem e identificação da massa úmida da matéria-prima. A taxa de umidade da argila é dada pela equação 05:

$$Mua = \frac{(Au - As)}{Au} * (100) \quad \text{Equação 05}$$

Onde:

Mua- Massa úmida de argila, em porcentagem;

Au – Argila úmida, em miligramas;

As- Argila seca, em miligramas;

#### **3.3.3.2 Dados de Resíduos na Argila**

Na análise de resíduos na argila utiliza-se a amostra já coletada e previamente analisada para o quesito umidade. Por isso, após a pesagem, a próxima etapa trata-se em umedecer novamente a argila com água para que essa se dissolva e possa ser peneirada, em peneira própria, conforme mostra a figura 09, de aço inox com malha de 230 mesh (abertura de 63 µm). Após a operação de peneirar, procede-se a secagem dos resíduos em ambiente natural para que posteriormente ocorra a pesagem dos resíduos que ficam retidos na peneira. Os valores obtidos por meio dessa coleta de dados encontram-se expostos no Anexo D.

**Figura 6 – Peneira de Aço Inox**



Fonte: Autora.

O índice de resíduos na argila é calculado pela equação 06.

$$Ra (\%) = \frac{Pr}{Pa} * (100) \quad \text{Equação 06}$$

### 3.4 Tabulação e Análise dos Resultados

Os dados serão tabulados em planilha eletrônica software estatístico Minitab 17. Dos dados mensurados derivarão resultados de média e amplitude móvel, que servirão de base para cálculo dos limites central, inferior e superior de controle do processo.

Os gráficos serão plotados também por meio do uso do software estatístico Minitab 17. Com a leitura gráfica serão realizadas análises quanto a estabilidade do processo, permitindo a correção ou alteração dos fatores de produção, minimizando os impactos negativos de despadronização nos quesitos estudados.

### 3.5 Aspectos Éticos da Pesquisa

A pesquisa se desenvolveu com base nos preceitos éticos, presando pela fiel menção as fontes bibliográficas e respeito e imparcialidade dos resultados encontrados.

Durante a atuação na empresa sob estudo o pesquisador buscou não imputar qualquer expressão de caráter pessoal nas informações, resultados e conclusões da pesquisa.

### 3 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os tópicos abaixo apresentam o resultado da plotagem dos gráficos e a análise deles a partir dos dados dos meses de janeiro a maio.

#### 4.1 Análise da Retração

Os tópicos abaixo relatam as análises realizadas a partir dos gráficos de controle apresentando os dados coletados sobre a retração gerada pelos processos de secagem, queima, assim como a porcentagem total dessa propriedade em amostras do tijolo durante os meses de janeiro, fevereiro, março, abril e maio.

##### 4.1.1 Mês de Janeiro

Os dados de retração no processo de secagem e queima do mês de janeiro foram plotados no gráfico 1, 2 e 3 com os cálculos para os limites e médias, assim como o gráfico da amplitude desses valores. Os dados do processo demonstrou uma taxa total média de retração dos tijolos, para o mês de janeiro, de 6,872%, limite superior do processo igual a 9,231% e limite inferior de 4,512%. A avaliação de retração é dividida nas etapas de secagem e queima, pois, a avaliação de retração ainda na fase de secagem fornece informações para a otimização da curva de secagem por forno, abrangendo aspectos de qualidade do produto acabado, eficiência energética na produção de calor e tempo de utilização de fornos.

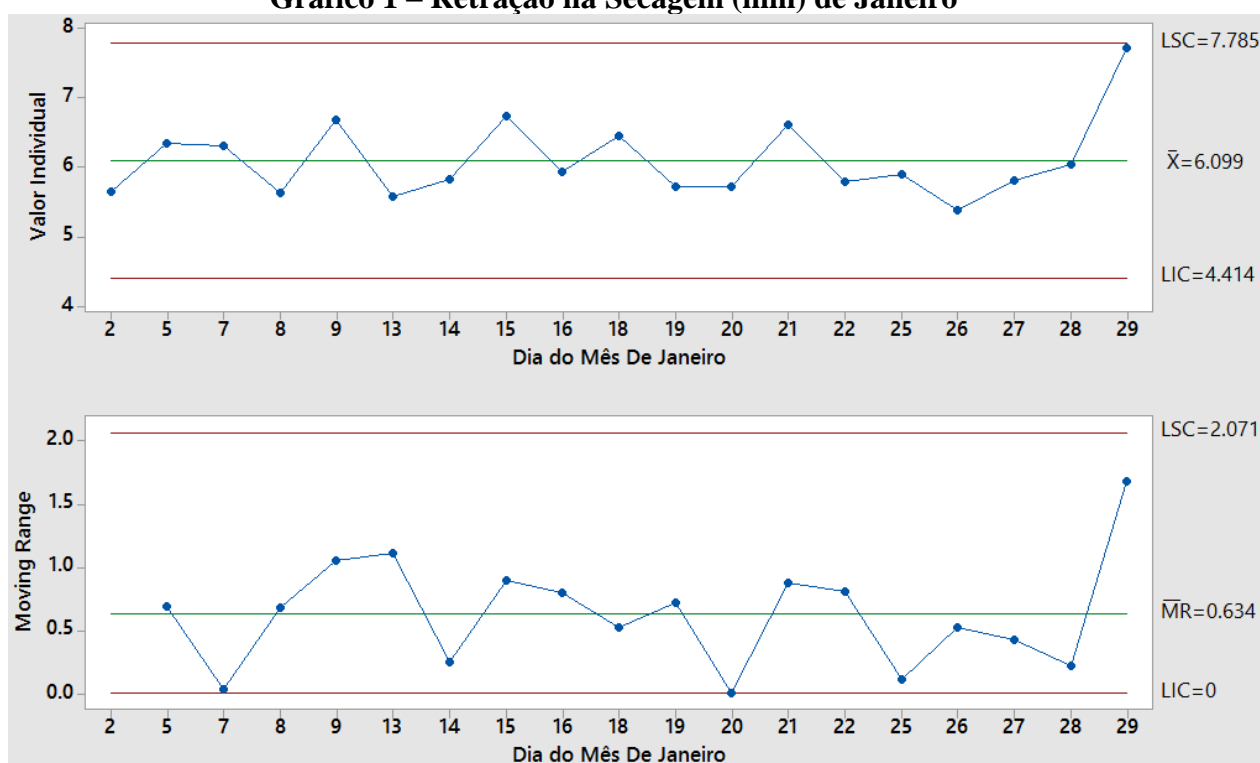
Na análise da retração na etapa de secagem para o mês, gráfico 1, observou-se que o processo mostrou-se controlado, ou seja, dentro dos limites de controle, de modo positivo, pois significa que a retração ocorrida não ultrapassou o que era esperado e nem ocorreu em menor quantidade. Considerando que a empresa estipula, pelo seu histórico limite superior de retração de 7,0%, o que significa que a produção de tijolos verdes com comprimento de 26 cm resultará, ao final do processo, em tijolo com 24 cm de comprimento, conforme estipulado pela norma ABNT NBR 15270-1, 2005, podendo apresentar 5 mm de tolerância para mais ou menos. O comprimento estipulado para fabricação do tijolo verde pela empresa apresenta 8% de possibilidade de retração para o comprimento ideal, e com a tolerância, esse valor passa a ser entre 5,9% a 10,1% de retração. Tal comportamento do processo pode ser observado pelo gráfico, com exceção do ponto 29, que representa a avaliação do dia 29 de janeiro de 2016, no qual a taxa de retração foi de 7,72%, pelo gráfico de valor individual (individual value), e se

encontra muito próximo do limite superior de controle (LSC).

Em uma análise comparativa com a especificação técnica da ABNT NBR 15270-1, 2005, a uma taxa de retração de secagem igual a 7,785% o tijolo verde produzido com 26 cm, ao final do processo, estaria com valor próximo a 23,96 cm, abaixo do indicado.

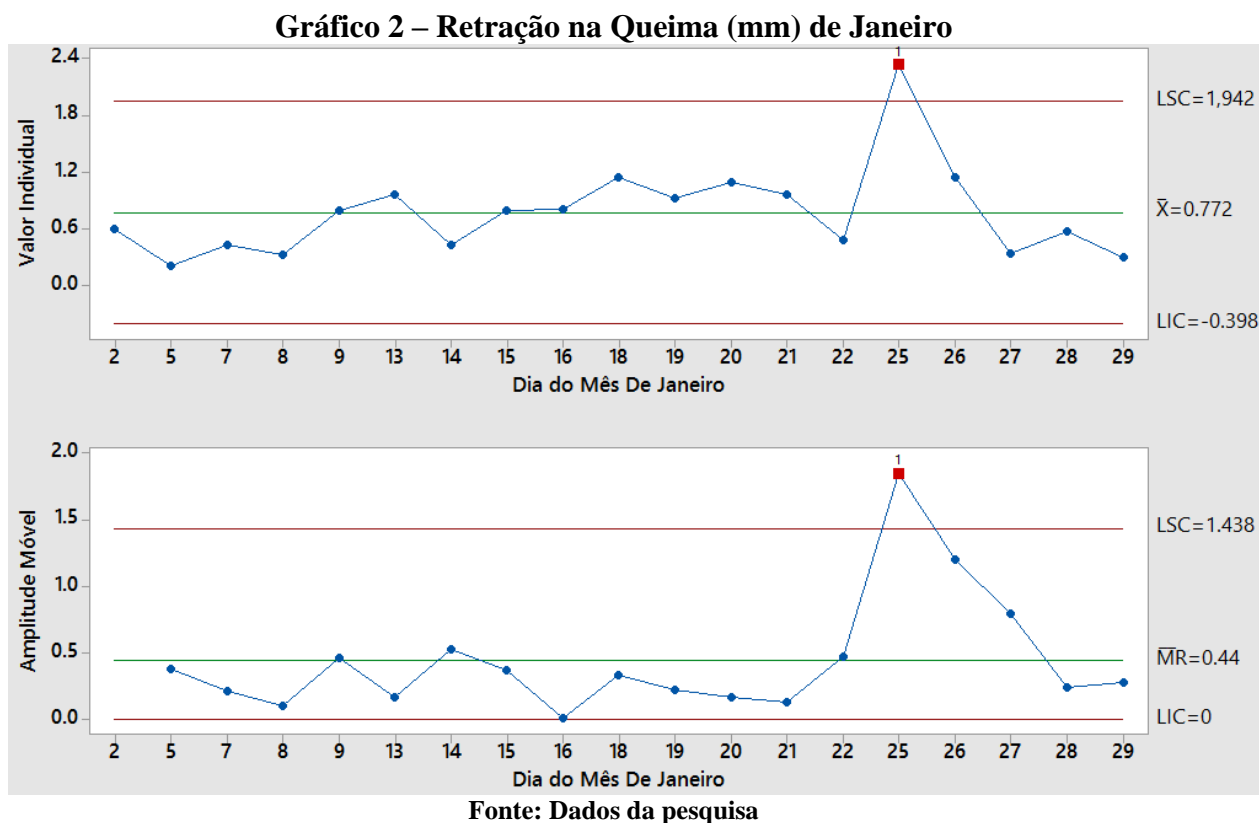
No gráfico de amplitude móvel (moving range), gráfico 1, é possível ver a dispersão entre os dias de produção, com situações extremas nos dias 07 e 20 de janeiro, nos quais atinge o limite inferior de controle e pontos de destaque nos dias 14, 25 e 29 do referido mês. Mesmo com a manutenção sobre os limites de processo, este de mostra com alta variabilidade ao longo dos dias do mês.

**Gráfico 1 – Retração na Secagem (mm) de Janeiro**



Fonte: Dados da pesquisa

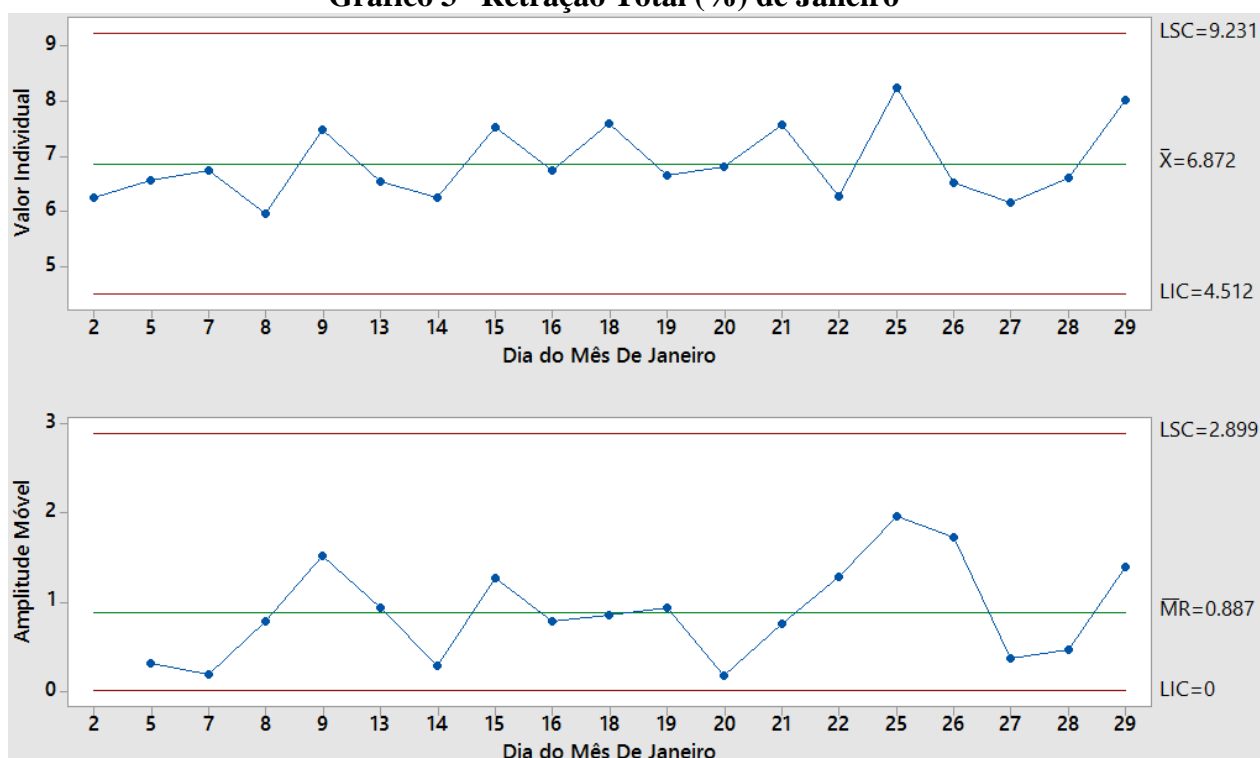
O ponto 25 apresentou uma retração de 2,34%, valor este discrepante dos demais dados encontrados, o que pode representar uma falha operacional no momento da leitura ou transcrição dos dados pelo operador do controle do processo, o que é pautado ainda pelo fato de que na etapa de secagem a amostra do referido dia de produção se apresentou dentro da normalidade, muito próxima inclusive do valor médio, sendo de 5,91 mm, não indicando umidade superior a dos demais lotes de produção.



Já gráfico 2 é possível observar os dados plotados referente a retração da queima no mesmo mês. Com apenas um ponto acima do limite superior de controle ocorrido no dia 25, os demais dados mostraram-se controlados, mas ainda com um grau de variação um pouco menor do que da etapa anterior. Por outro lado, os valores de retração da queima apresentam-se significativamente menores do que da secagem, considerando que durante a secagem a velocidade de perda de água é maior, pois ela se encontra ainda nas camadas externas. Essa velocidade de perda da umidade diminui devido ao fato de que as camadas externas, ao secar, vão recebendo água das camadas internas como citado pelo Grupo Tchê Química (2015). Desse modo, são cada vez menores as quantidades de água provenientes das camadas internas fazendo com que a retração seja menor, pois a maior parte da água livre já havia sido retirada.

O ponto 25 apresentou uma retração de 2,34%, valor este discrepante dos demais dados encontrados, o que pode representar uma falha operacional no momento da leitura ou transcrição dos dados pelo operador do controle do processo, o que é pautado ainda pelo fato de que na etapa de secagem a amostra do referido dia de produção se apresentou dentro da normalidade, muito próxima inclusive do valor médio, sendo de 5,91 mm, não indicando umidade superior a dos demais lotes de produção.

O gráfico 3 representada a retração total, dada em porcentagem (%), a qual permite analisar o quanto o bloco de tijolo inteiro teria se retraído.

**Gráfico 3– Retração Total (%) de Janeiro**

A retração total é dada pela soma das retrações nas fases de secagem e queima, conforme equação 02, e considerando que os valores de retração da secagem foram bem maiores que a da queima, os gráficos do total geralmente acompanham as tendências, picos e quedas, do gráfico de secagem. Por isso, assim como o gráfico 1, o gráfico 3 não apresentou nenhum ponto fora dos limites de controle, porém há grande variação dos dados, demonstrando, entre outros, a despadronização de operações, de matéria-prima e de rotinas trabalhistas, como a ocorrência de ausências ao trabalho e rotatividade de colaboradores. Para melhor entendimento, a despadronização observada é causada pela alta dispersão dos dados, em que não há centralização das variáveis, pois quanto mais centralizadas e menos dispersas, maior será o nível de padronização do processo. Esse aspecto é importante para o controle da variabilidade que, segundo Costa *et al* (2012), é natural a ocorrência quando de forma moderada; por outro lado, quando há presença de grande variabilidade, o processo apresentará altas divergências, característica não desejada.

#### 4.1.2 Mês de Fevereiro

No mês de fevereiro foram coletadas poucas amostras devido a indisponibilidade do funcionário responsável, incluindo fatores como feriados prolongados, férias, viagens

realizadas para questões da própria empresa. Por isso, os dados coletados podem divergir dos reais padrões de processo alcançados durante este mês, todavia, julgou-se por oportuno a apresentação dos dados obtidos.

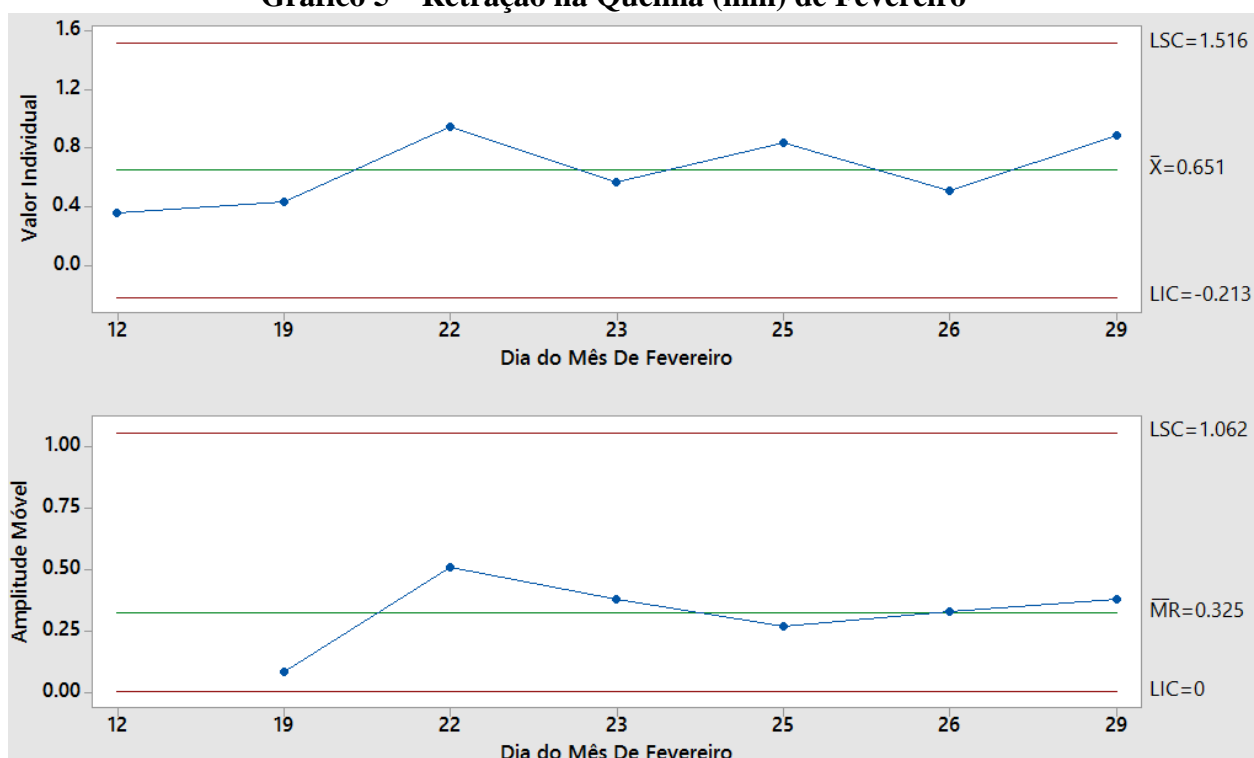
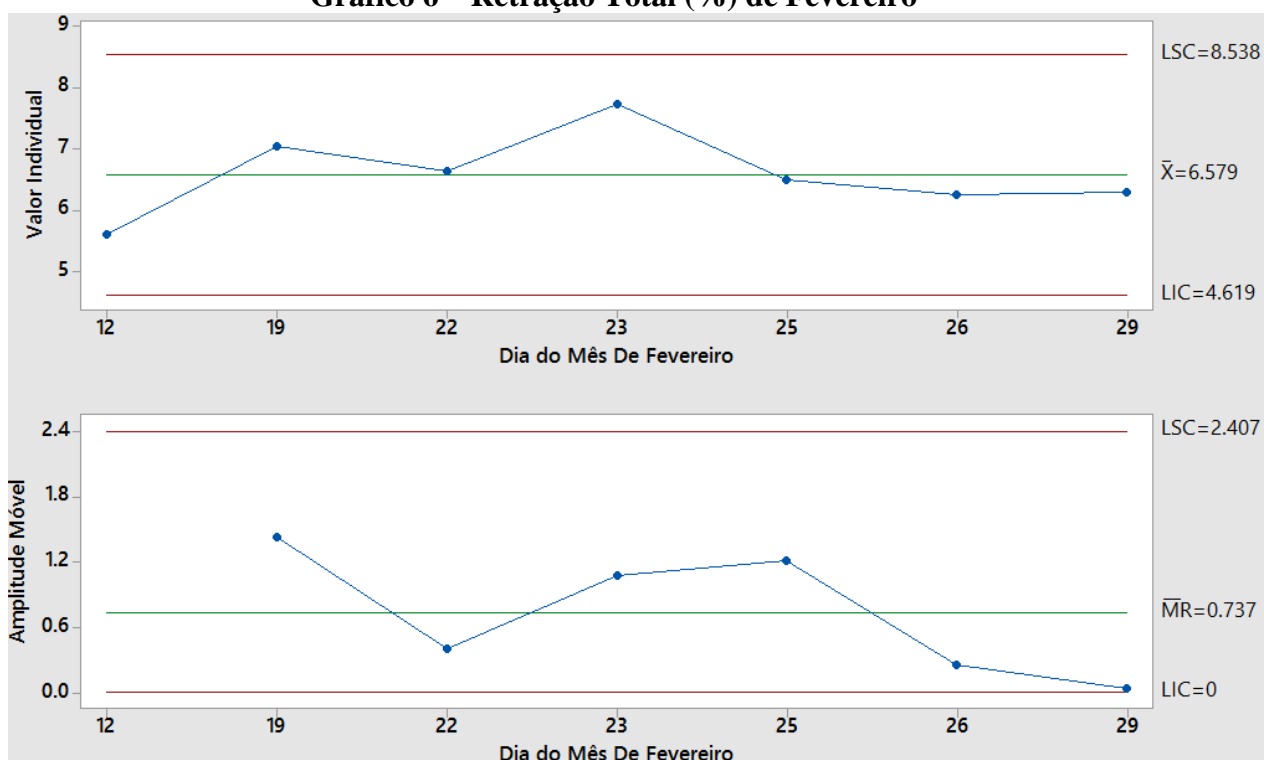
O gráfico 4 apresenta o gráfico de controle para média e para amplitude móvel para etapa de secagem no mês de fevereiro, o qual constata-se estabilidade estatística do processo para os lotes avaliados, com significativa dispersão na produção do dia 26 com aproximação ao limite inferior de controle.

O gráfico 5 relaciona os dados da retração durante o processo de queima e também traz como resultado um controle do processo. Há variações, mas com picos e quedas menores em comparação aos gráficos anteriormente mencionados.

**Gráfico 4 – Retração na Secagem (mm) de Fevereiro**



Fonte: Dados da pesquisa.

**Gráfico 5 – Retração na Queima (mm) de Fevereiro****Gráfico 6 – Retração Total (%) de Fevereiro**

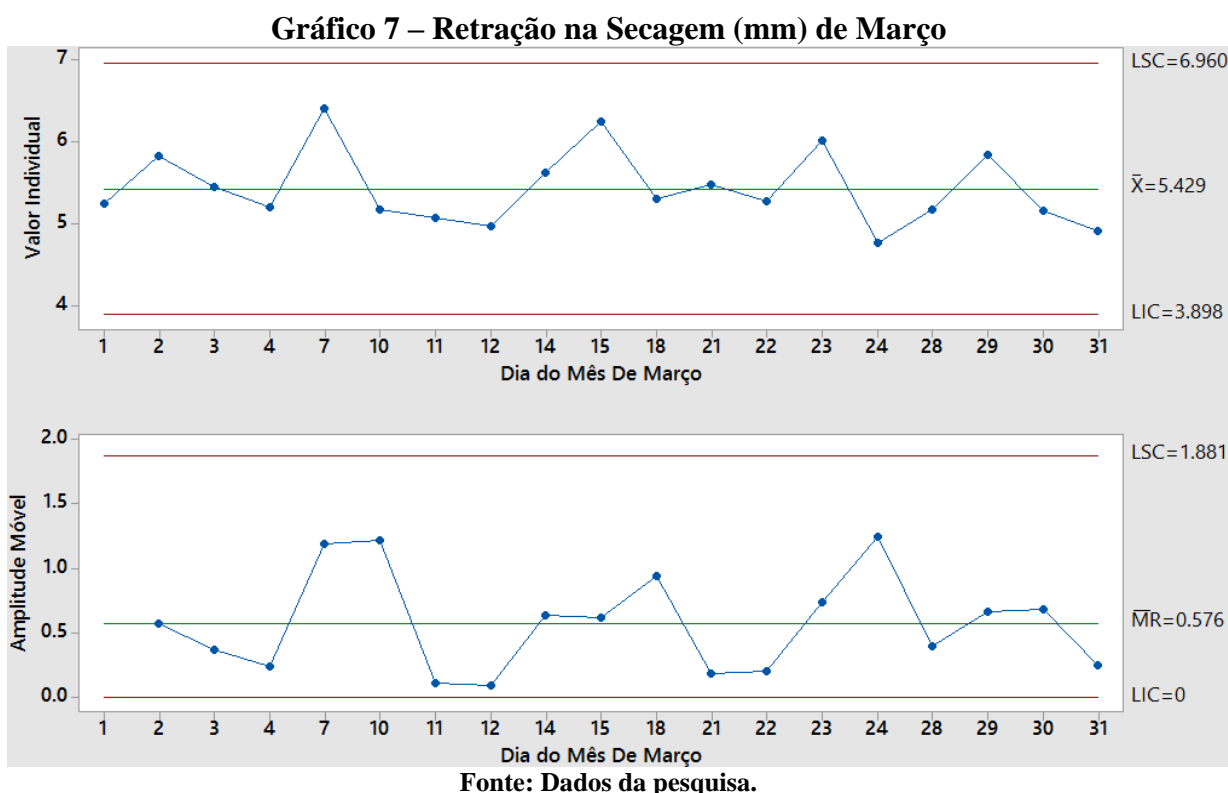
O último gráfico desse mês, o gráfico 6, referente a retração total, representa o grande reflexo da retração realizada na secagem, seguindo o mesmo delineado, estando dentro de controle com os mesmos níveis de variação em comparação ao gráfico de secagem do referido



mês. Em comparação a taxa total média de retração entre os meses de janeiro e fevereiro, a deste último foi menor com valor igual a 6,579% em contrapartida a 6,872 do mês anterior.

#### 4.1.3 Mês de Março

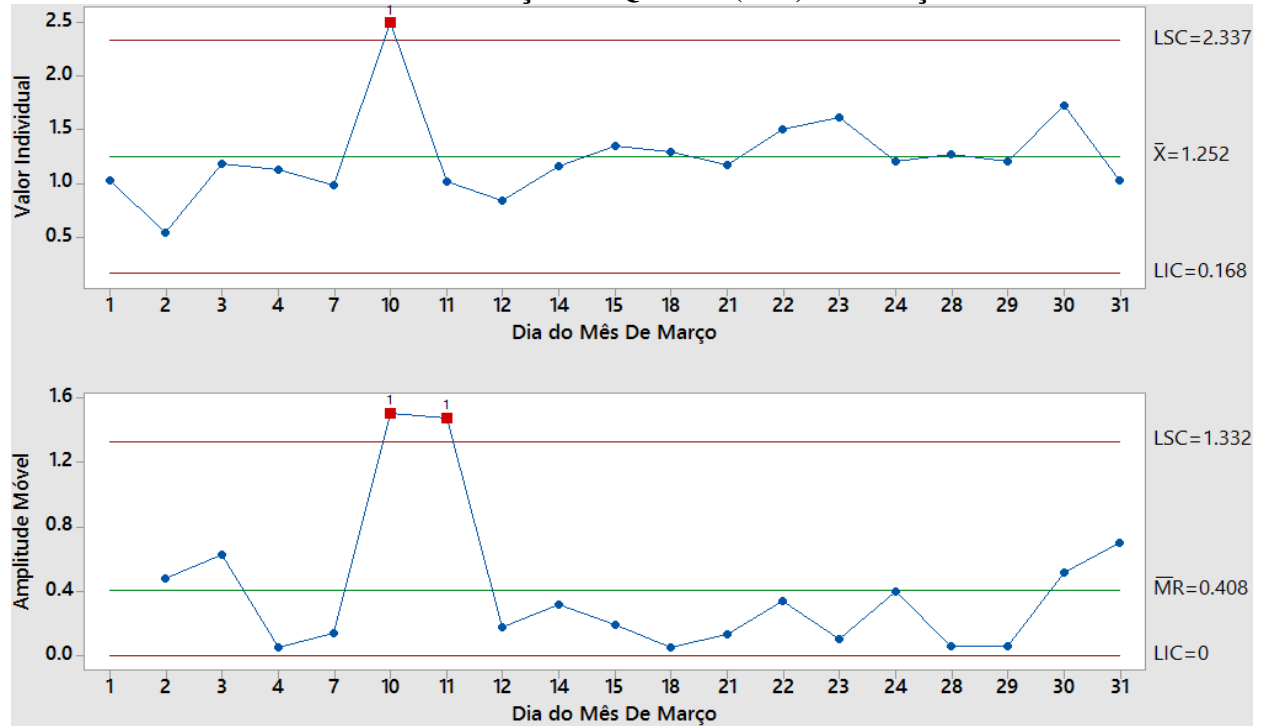
Para o mês de março, a coleta dos dados realizou-se de forma completa, possibilitando melhor visualização do controle e padronização do processo. Por outro lado, os resultados não mudaram em relação aos meses antecedentes. De acordo com o gráfico 7, onde é visualizado os índices de retração da secagem, o processo não apontou nenhum ponto fora dos limites, mas as variações dos índices apresentaram grande variações com muitos picos superiores e inferiores, novamente apontando que são necessárias ações de correção em busca da padronização visando a diminuição ou eliminação de desperdícios, tanto de tempo, como de materiais, proporcionando também menores riscos de descumprimento dos padrões especificados em norma.



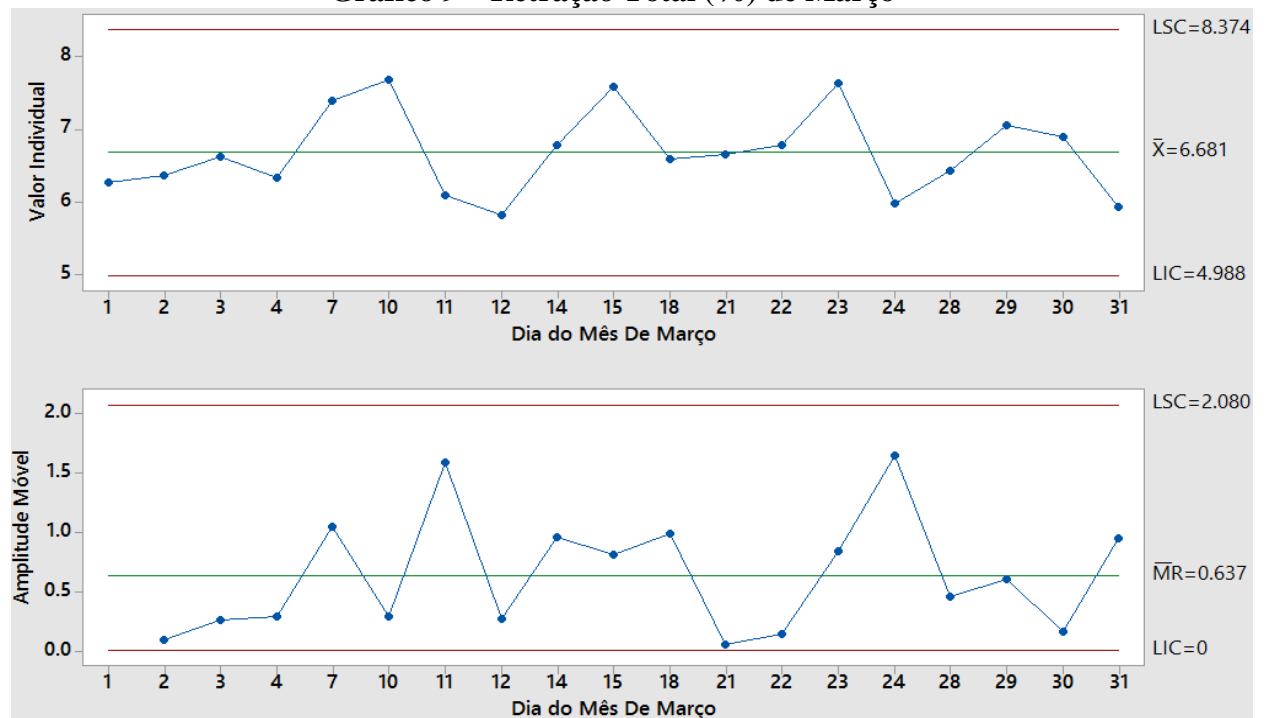
Os dados de retração na queima plotados no gráfico 8 mostraram um ponto fora do limite superior de controle no dia 10, que pode ter sido causado por determinada anomalia ou causa especial no processo. Os demais pontos ainda que apresentaram picos e quedas, mas muitos deles seguiram a linha da média, o que representa uma tendência a padronização em

relação aos demais já citados. O gráfico de amplitude dessa etapa desse mês apontou esse fator, onde a variação entre os pontos, com exceção do pico que excedeu o limite, mostrou-se baixa.

**Gráfico 8 – Retração na Queima (mm) de Março**



**Gráfico 9 – Retração Total (%) de Março**



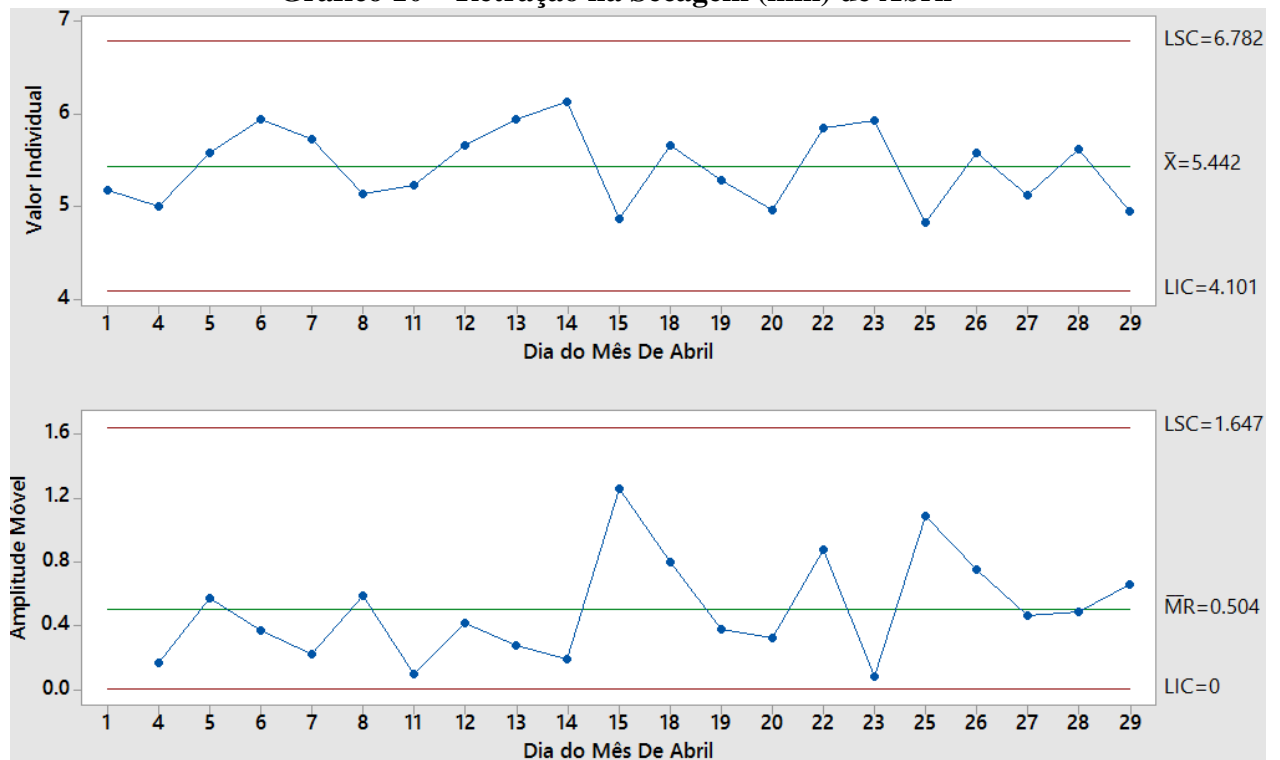
#### **4.1.4 Mês de Abril**

No mês de abril, a coleta foi realizada em todos os dias úteis de funcionamento da empresa, totalizando 21 amostras no mês. Os dados estão controlados, conforme gráfico 10, sem extrapolações quanto aos limites e a variação ainda presente, mostrou menores níveis de picos, mas ainda muito decorrente e com alguns deles bem sobressalentes, como o gráfico de amplitude mostra na diferença dos valores entre os dias 14 e 15 (maior e menor índices de retração, respectivamente).

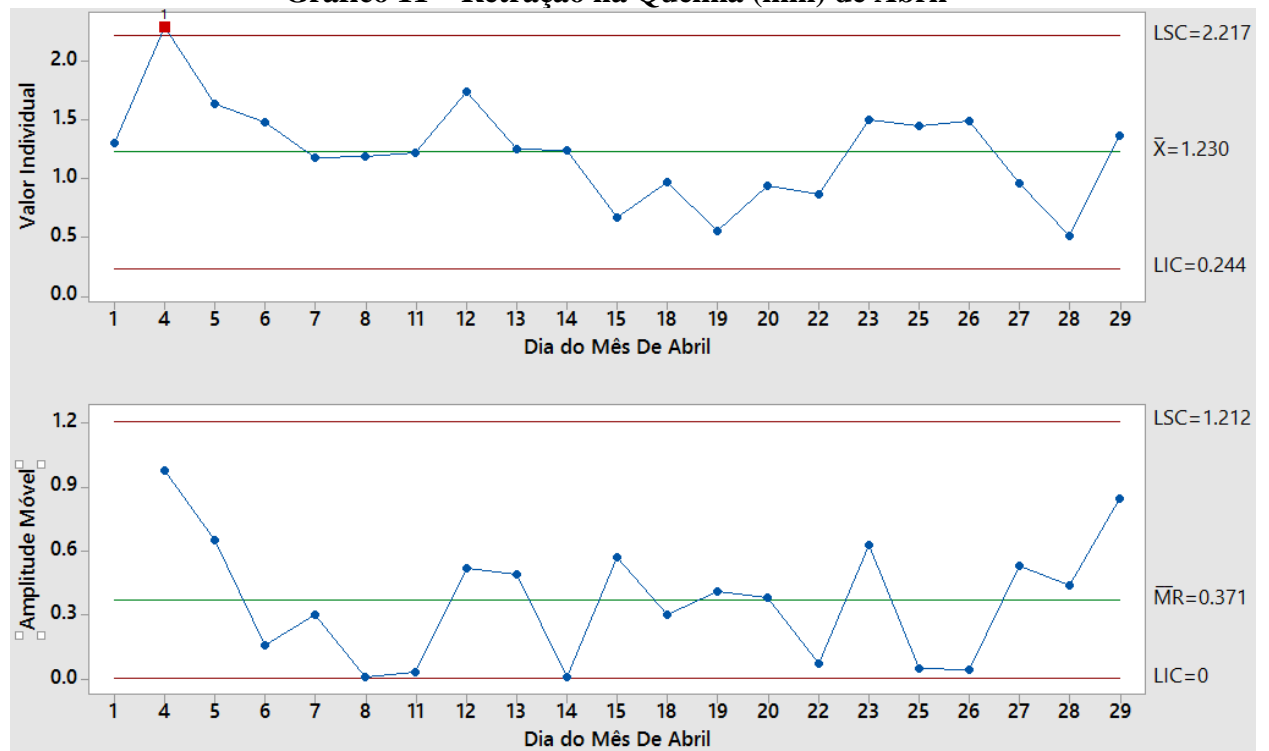
Em relação a etapa de queima desse mês, o gráfico 11 apontou um ponto acima do limite superior de controle, no dia 4, e nos demais pontos, expressiva dispersão lotes de produção, apresenta pelo gráfico da amplitude. A dispersão entre os lotes de dias de produção podem estar relacionadas a disposição de diferentes fornos de queima. Apesar de todos os fornos serem do tipo abóboda, há variações na vida útil dos fornos, tipo de alimentação, controle de temperatura e proporção de carregamento entre tijolos e telhas dentro da mesmo forno.

O gráfico de retração total do mês de abril, representado pelo gráfico 12, não apontou pontos fora dos limites, mas em comparação a todas as análises anteriormente feitas, a variação do processo mostrou-se excessiva. A despadronização do processo se torna bastante visível nesse momento o que gerou diferenças dos valores individuais (observadas pelo gráfico de amplitude) próximas tanto ao limite superior como também ao limite inferior, onde a possibilidade de ultrapassarem ambos os limites, em relação a padronização, foi alta.

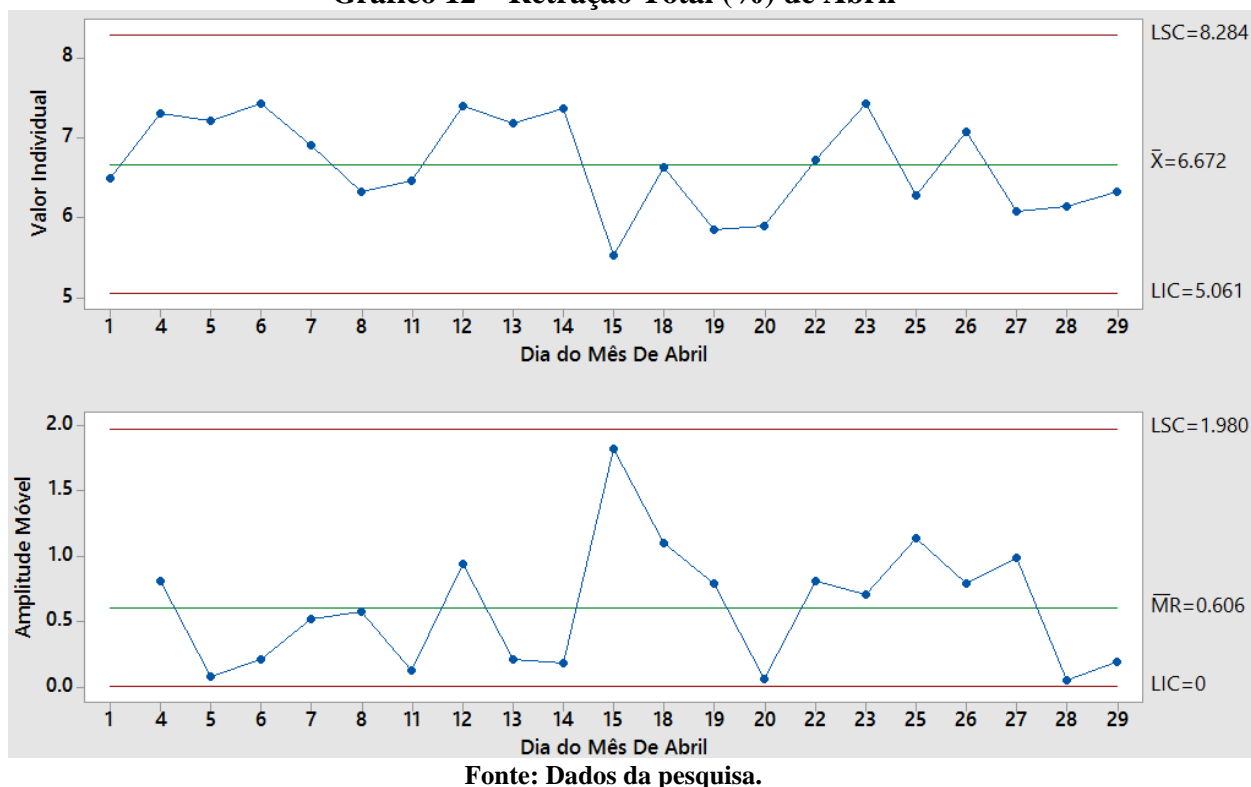
Alguns fatores podem ter influenciado nesse resultando, pois durante o mês de abril, implementações de ferramentas, como o controle dos fornos via computador, estavam sendo realizadas, assim como diversos testes nos fornos, em busca da minimização de perda de calor e conseqüentemente diminuição no tempo de queima também estavam ocorrendo.

**Gráfico 10 – Retração na Secagem (mm) de Abril**

Fonte: Dados da pesquisa.

**Gráfico 11 – Retração na Queima (mm) de Abril**

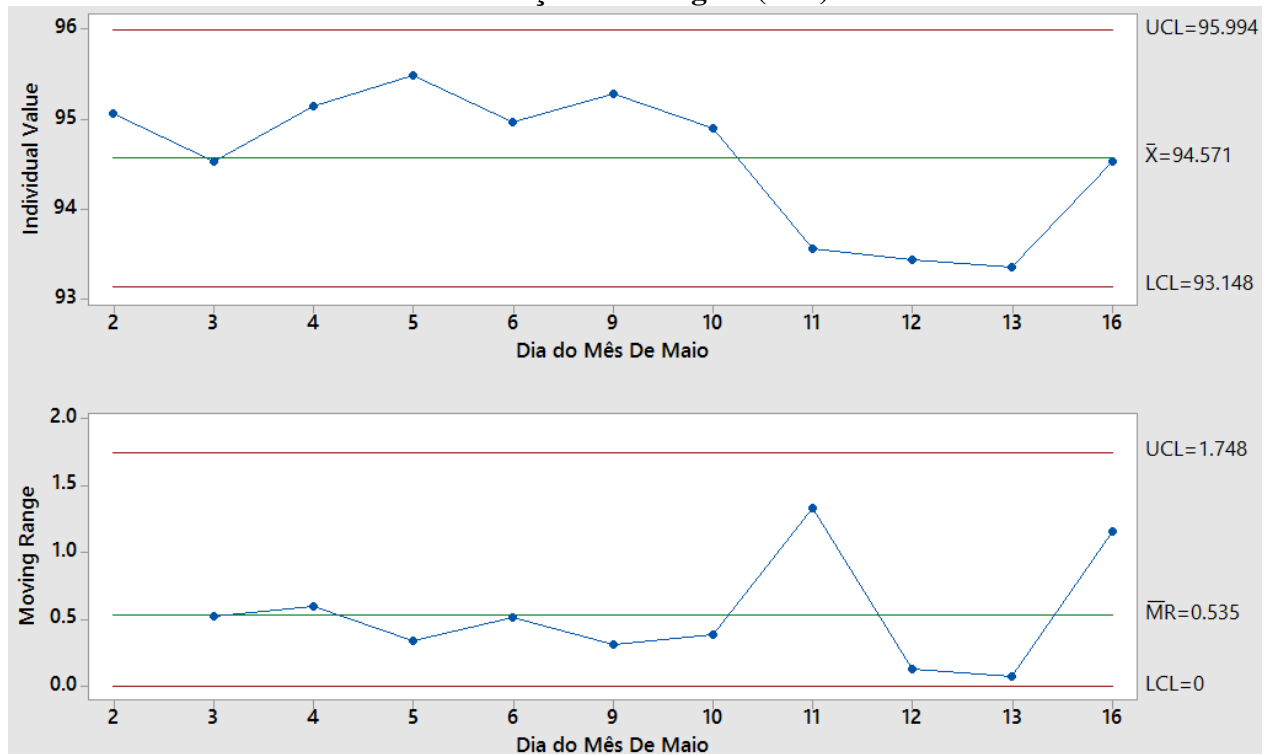
Fonte: Dados da pesquisa.

**Gráfico 12 – Retração Total (%) de Abril**

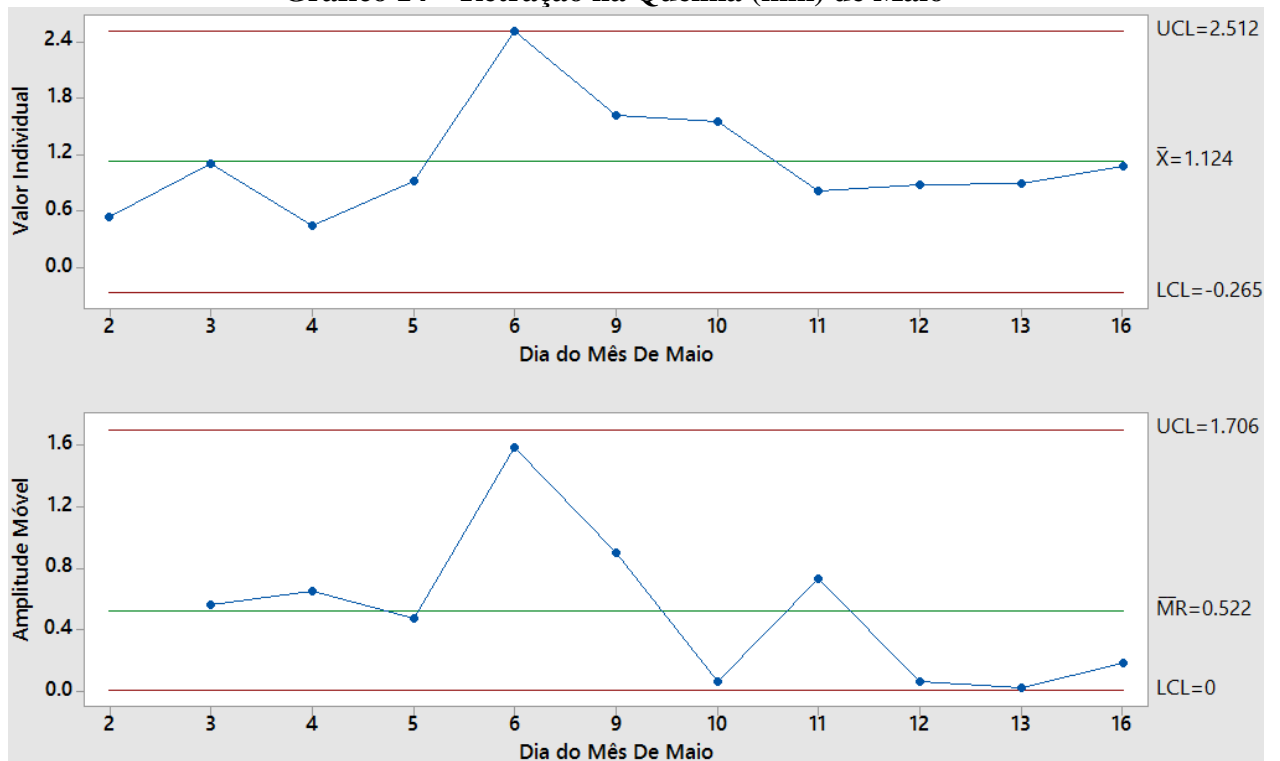
#### 4.1.5 Mês de Maio

Para o mês de maio os dados coletados para uso desse estudo foram coletados apenas na primeira metade do mês, devido a necessidade de cumprimento dos prazos de entrega do estudo. Por isso, apenas 11 dados foram coletados. Pelo gráfico 13, observou-se que inicialmente, na secagem, os índices de retração mostraram-se todos acima da média, mas nenhum fora dos limites. Entre os dias 10 e 11, houve uma brusca queda nesses valores, o que ocasionou no pico do gráfico de amplitude, mas ainda com valores controlados. De forma geral, o resultado mostra ainda a despadronização do processo.

No gráfico 14, observa-se a retração da queima do mês de maio, onde um ponto, referente ao dia 6, encontrou-se na linha do limite superior de controle. Os valores antecedentes a esse ponto, mostravam-se inferiores a média, de modo que esse pico ocasionou o ponto sobressalente no gráfico de amplitude. Após o dado do dia 6, os demais valores voltam a cair chegando a localizarem-se próximos ao valor da média. Por isso, é possível concluir que esse pico pode ter ocorrido em função de alguma causa especial.

**Gráfico 13 – Retração na Secagem (mm) de Maio**

Fonte: Dados da pesquisa.

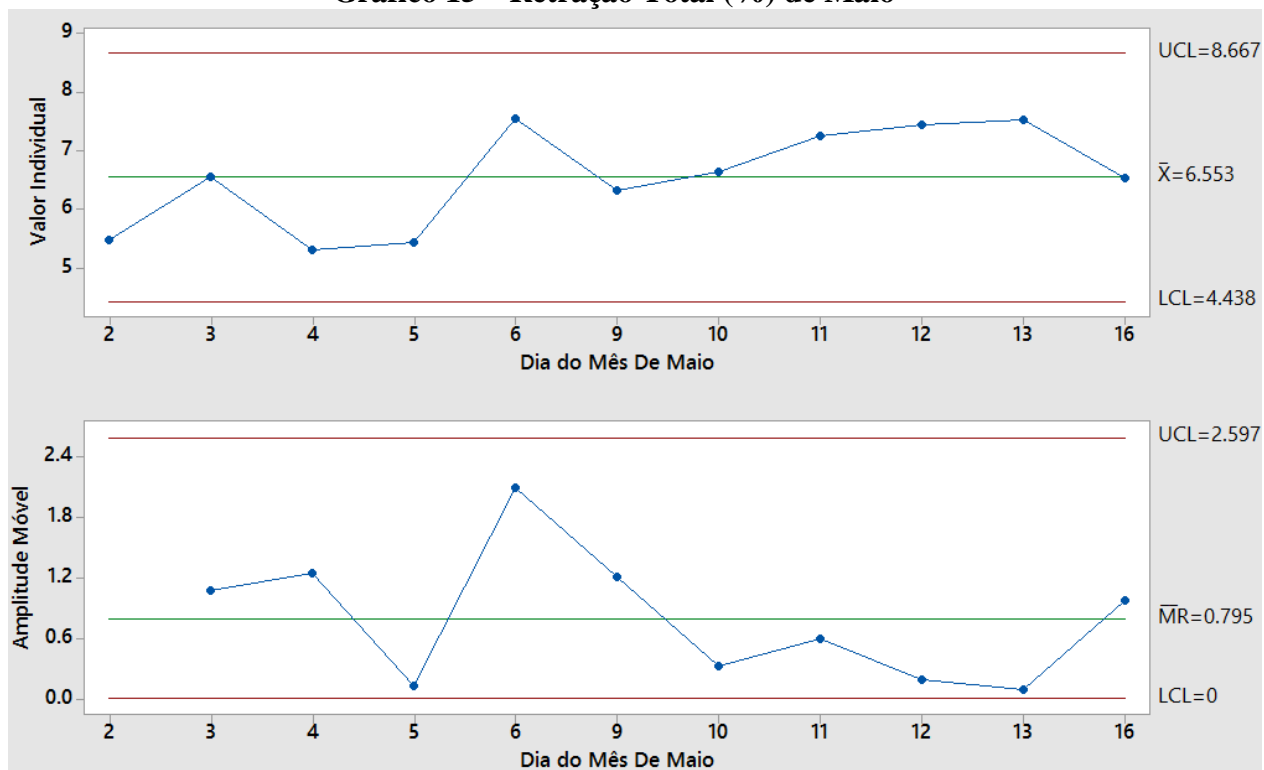
**Gráfico 14 – Retração na Queima (mm) de Maio**

Fonte: Dados da pesquisa.

Para concluir a análise dos índices de retração, o último gráfico desse seguimento, o gráfico 15, aponta os valores dessa propriedade total do mês. Os valores não estão acima dos

limites, mas a variação dos dados também é visível.

**Gráfico 15 – Retração Total (%) de Maio**



Fonte: Dados da pesquisa.

## 4.2 Análises da Umidade

### 4.2.1 Mês de Janeiro

A quantidade de água na argila que é utilizada para a fabricação de produtos cerâmicos é de fundamental controle. Isso porquê a umidade da massa afeta tanto em relação ao índice de retração, citado pelo grupo Tchê Química (2015), como também para determinar o esquite da queima, que é o processo anterior a queima onde a cerâmica, já dentro dos fornos, é colocado em temperaturas superiores da secagem e inferiores da queima. Esse esquite, quando há altos índices de umidades, segundo o funcionário responsável da empresa, deve ser feito por mais tempo para evitar rachaduras e trincagens dos produtos.

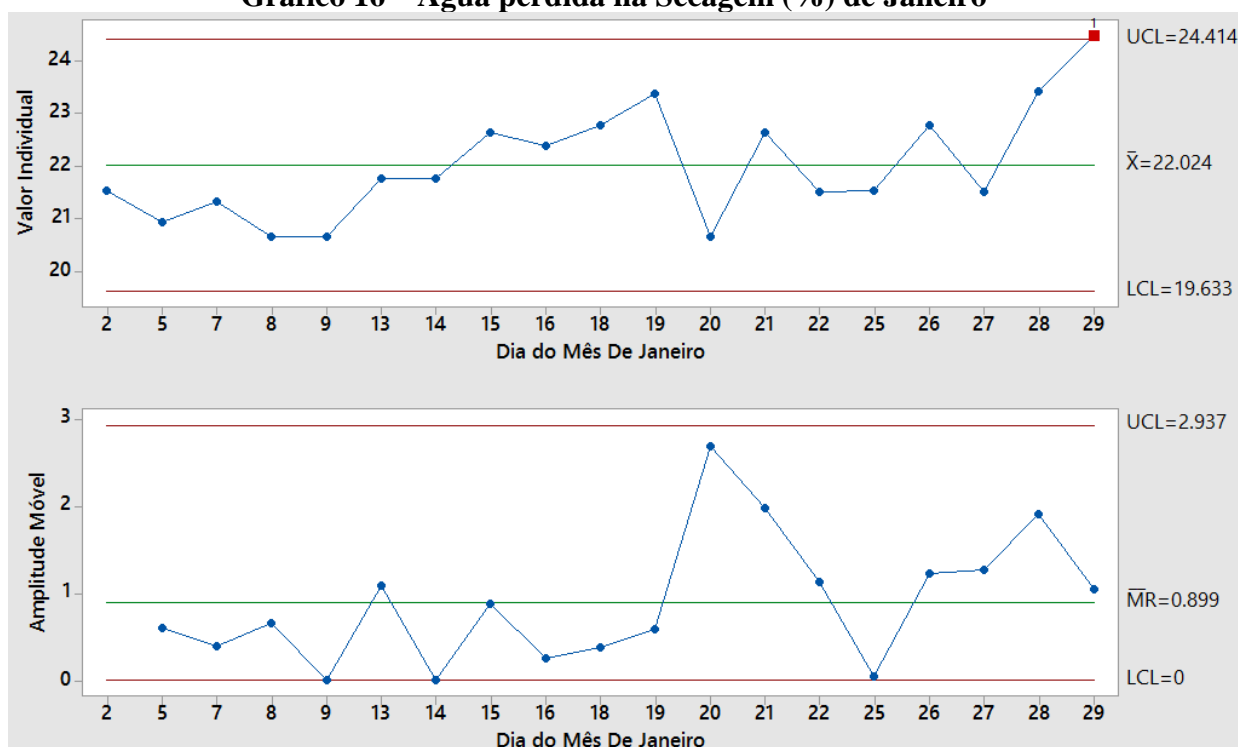
O gráfico 16 representa os índices de água perdida pela amostra realizada, onde todos os pontos estão dentro do limite, exceto o referente ao dia 29 que está acima do limite superior, de modo a proporcionar maior retração e maior tempo de esquite; por outro lado, deve-se lembrar que não só a umidade da massa interfere no índice de retração. A variação desses dados mostra-se muito alta, o que aponta a despadronização do processo. Os motivos

que levam essa variação dos valores de água expelida pelas diferentes amostras relacionam-se com a umidade já presente na matéria prima, assim como na quantidade de água adicionada durante o processo, pois ambas devem estar sincronizadas. Ou seja, se a matéria prima apresenta grande valores de umidade, a quantidade de água adicionada deverá ser reduzida, e vice versa.

Assim como ocorreu nos índices de retração, por estarem correlacionados, a perda de água na etapa de secagem também será maior em relação a etapa de queima, devido a questão das camadas externas e internas. Por isso, o gráfico total também terá grande influência dos valores da etapa de secagem.

No gráfico 17, os valores apresentaram-se dentro dos limites de controle, mas com altíssima variação, o que ocasionou na extrapolação do limite superior de controle no ponto 19 do gráfico de amplitude referente a diferença de valores entre os dias 18 e 19. Não só esse ponto, mas os demais dados alternaram constantemente evidenciando a falta da padronização também nessa propriedade e etapa do processo.

**Gráfico 16 – Água perdida na Secagem (%) de Janeiro**



Fonte: Dados da pesquisa.



Gráfico 17 – Água perdida na Queima (%) de Janeiro

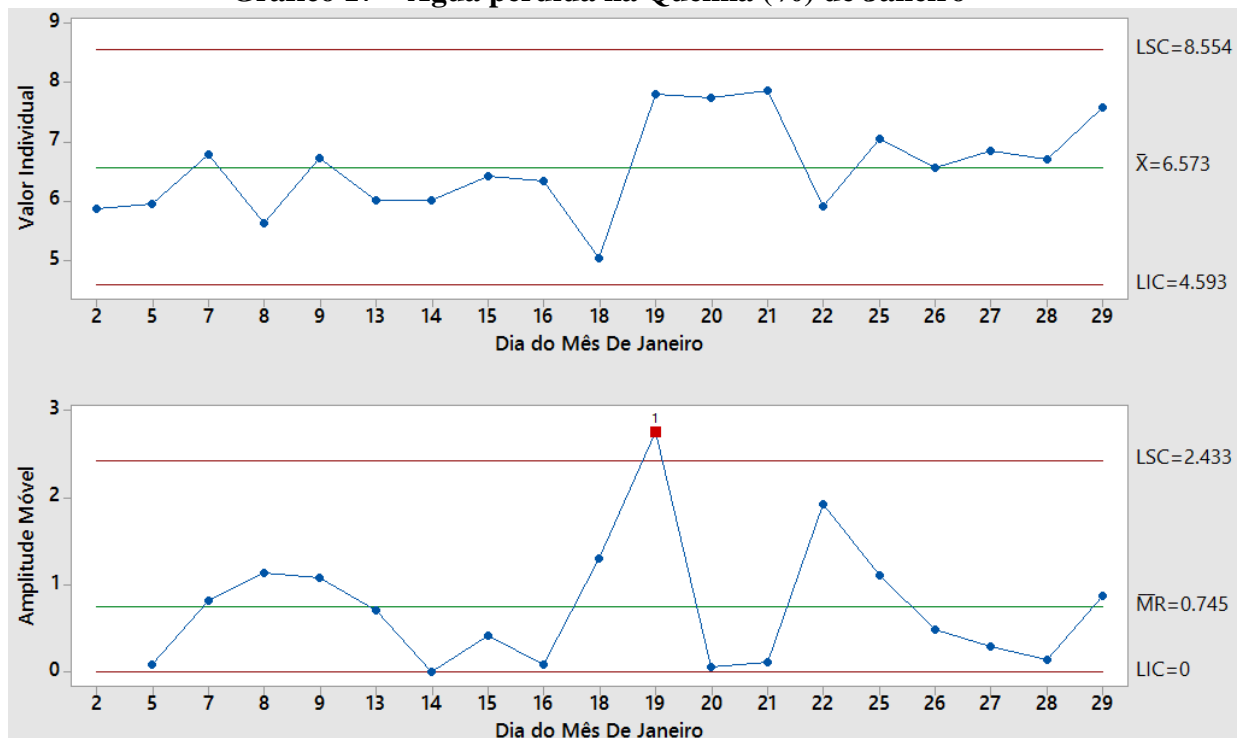
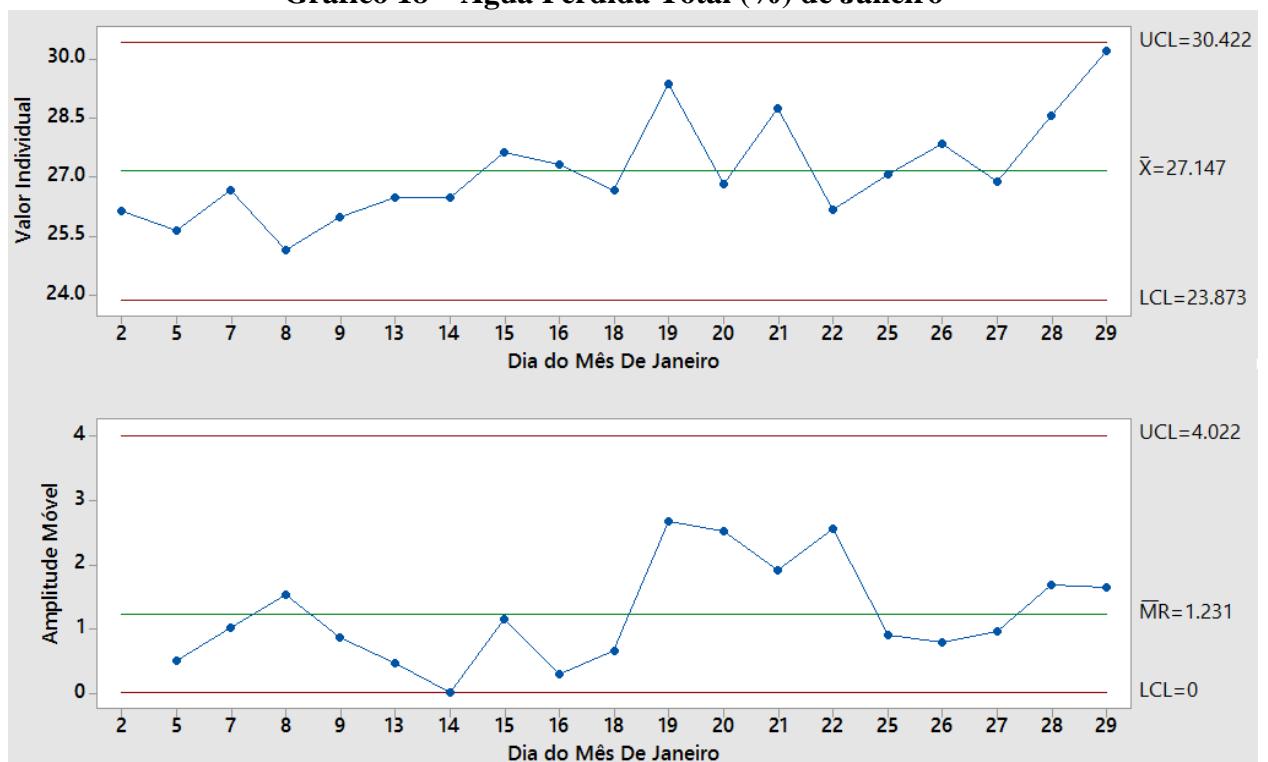


Gráfico 18 – Água Perdida Total (%) de Janeiro

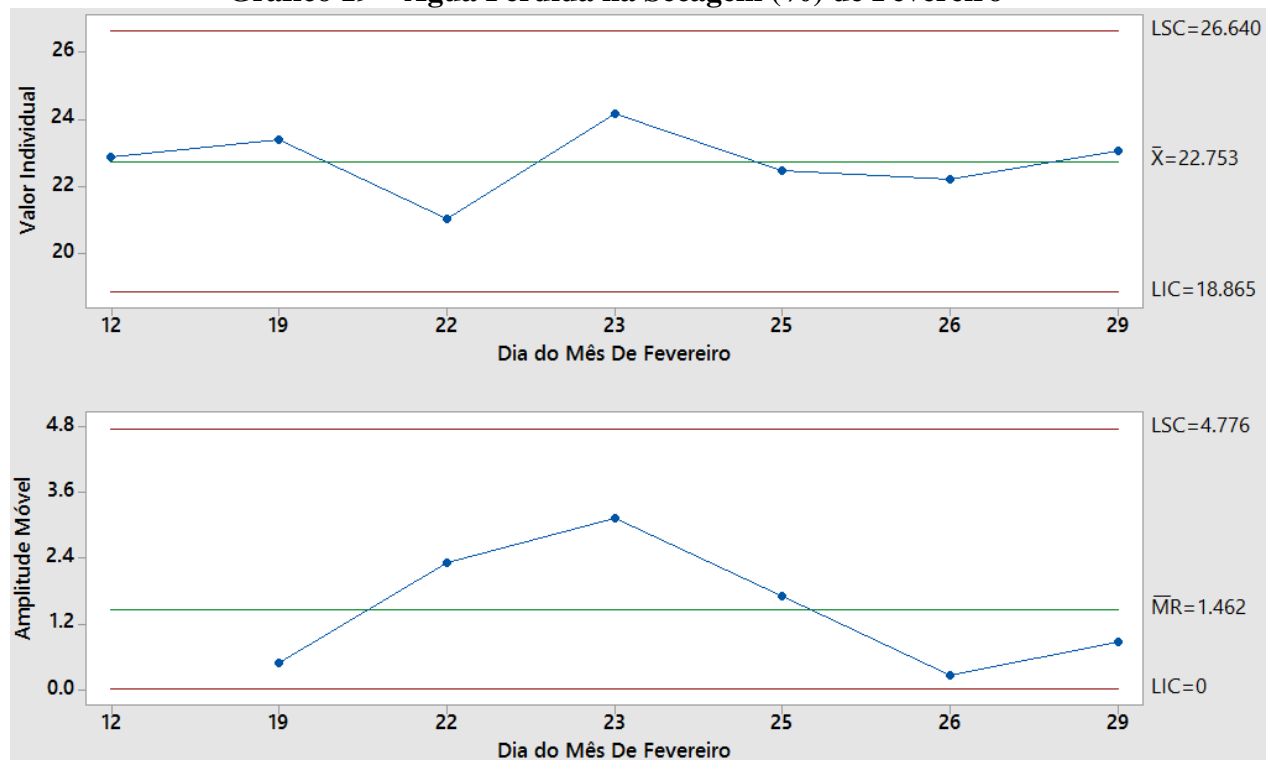


A umidade perdida no total do mês de janeiro para as amostras estão expostas no gráfico 18, que também encontra-se controlado, mas assim como observado anteriormente, com alta inconstância.

#### 4.2.2 Mês de Fevereiro

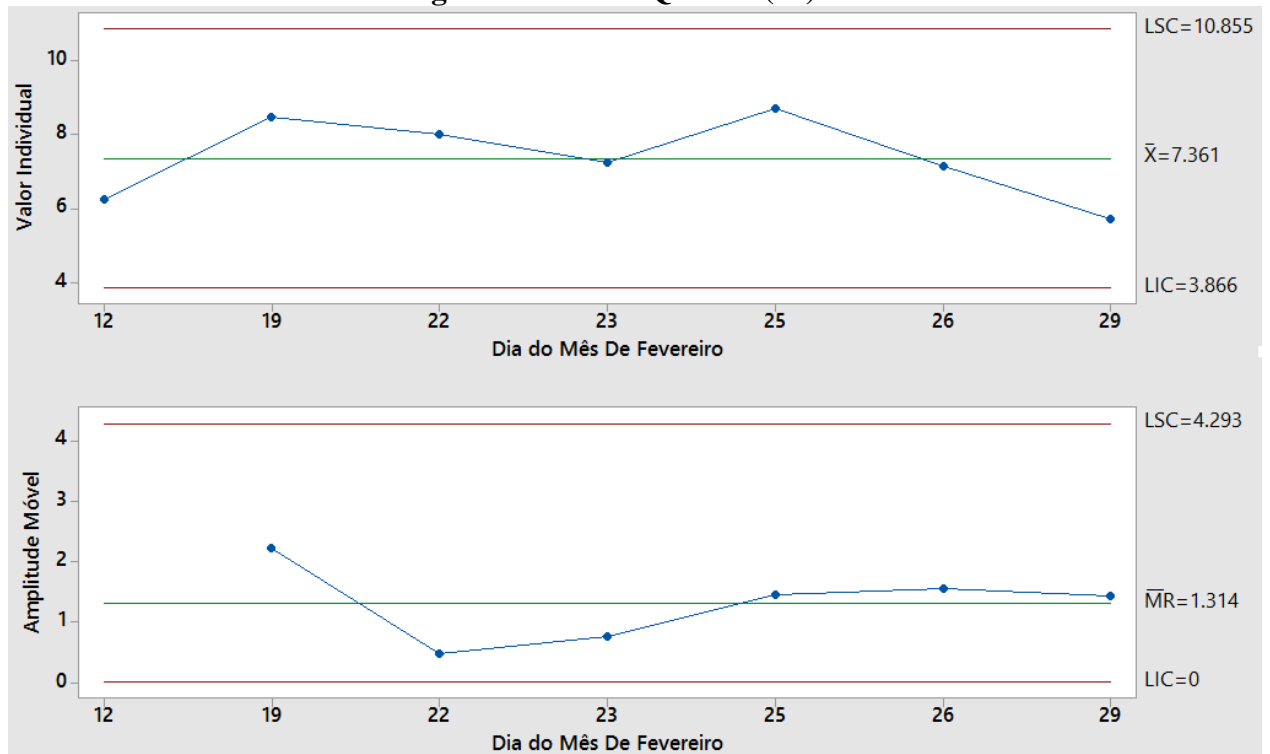
Como citado no tópico de análise da retração, o mês de fevereiro gerou poucos dados para a análise, sendo em um total de 7 amostras. Por isso, não há muitas considerações sobre essa propriedade no mês; por outro lado, pelo o que foi coletado, não houve ponto fora de controle, mas a variação continua presente, fatores que podem ser observados nos gráficos 19, referente a secagem, 20, da queima e 21 baseado nos valores totais. Entretanto, os valores da queima variaram em menor proporção do que os valores da secagem.

**Gráfico 19 – Água Perdida na Secagem (%) de Fevereiro**



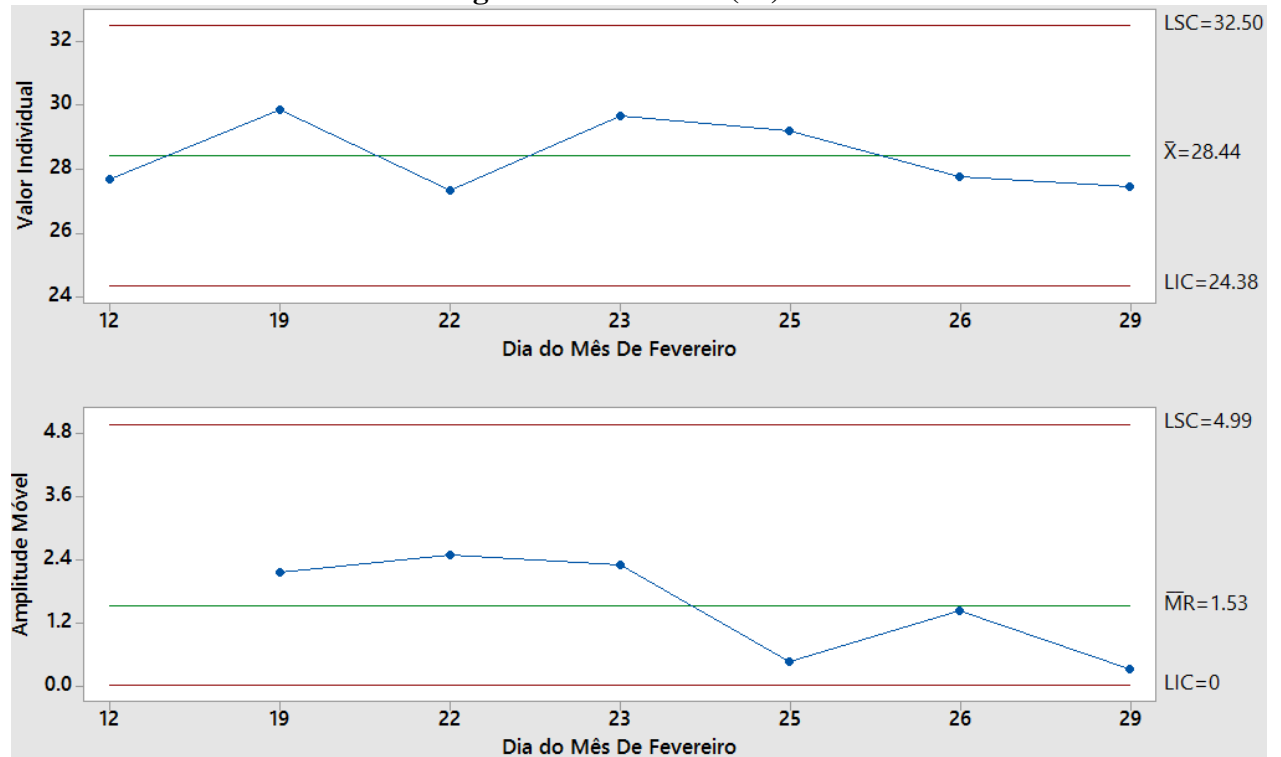
Fonte: Dados da pesquisa.

**Gráfico 20 – Água Perdida na Queima (%) de Fevereiro**



Fonte: Dados da pesquisa.

**Gráfico 21 – Água Perdida Total (%) de Fevereiro**



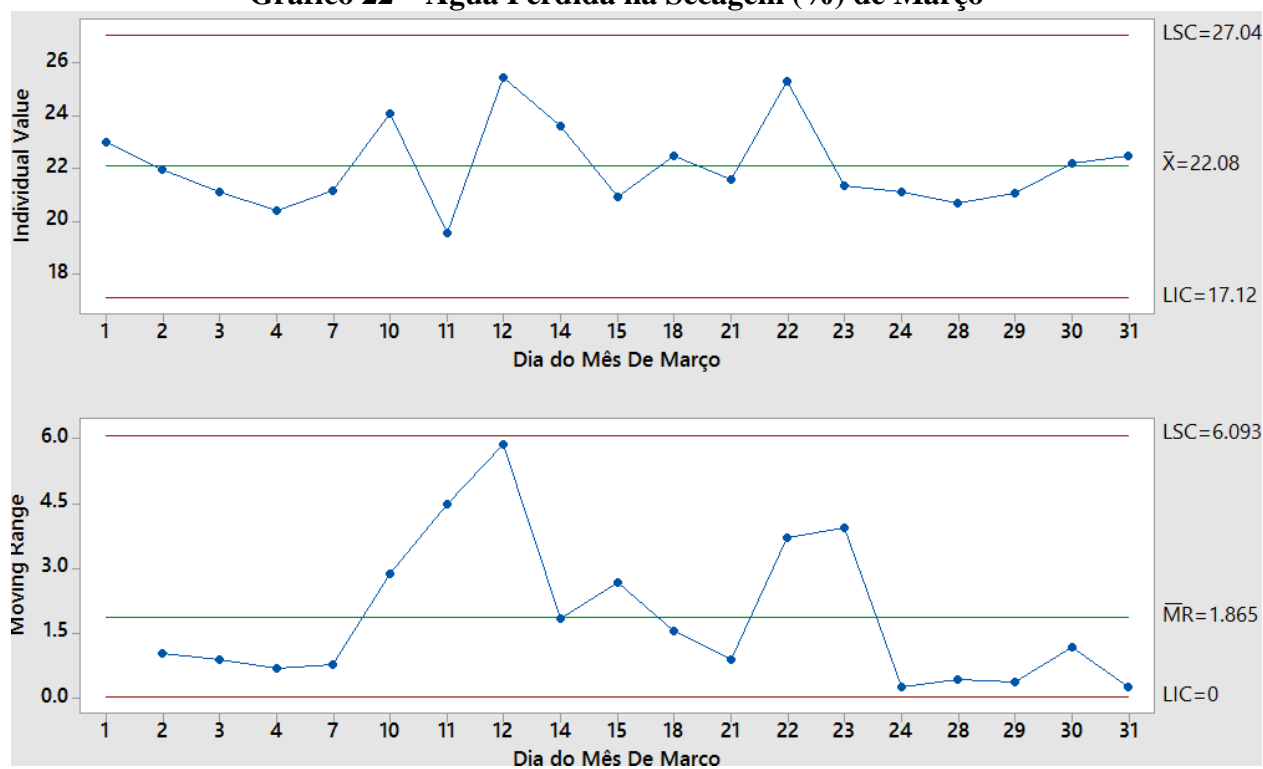
Fonte: Dados da pesquisa.

### 4.2.3 Mês de Março

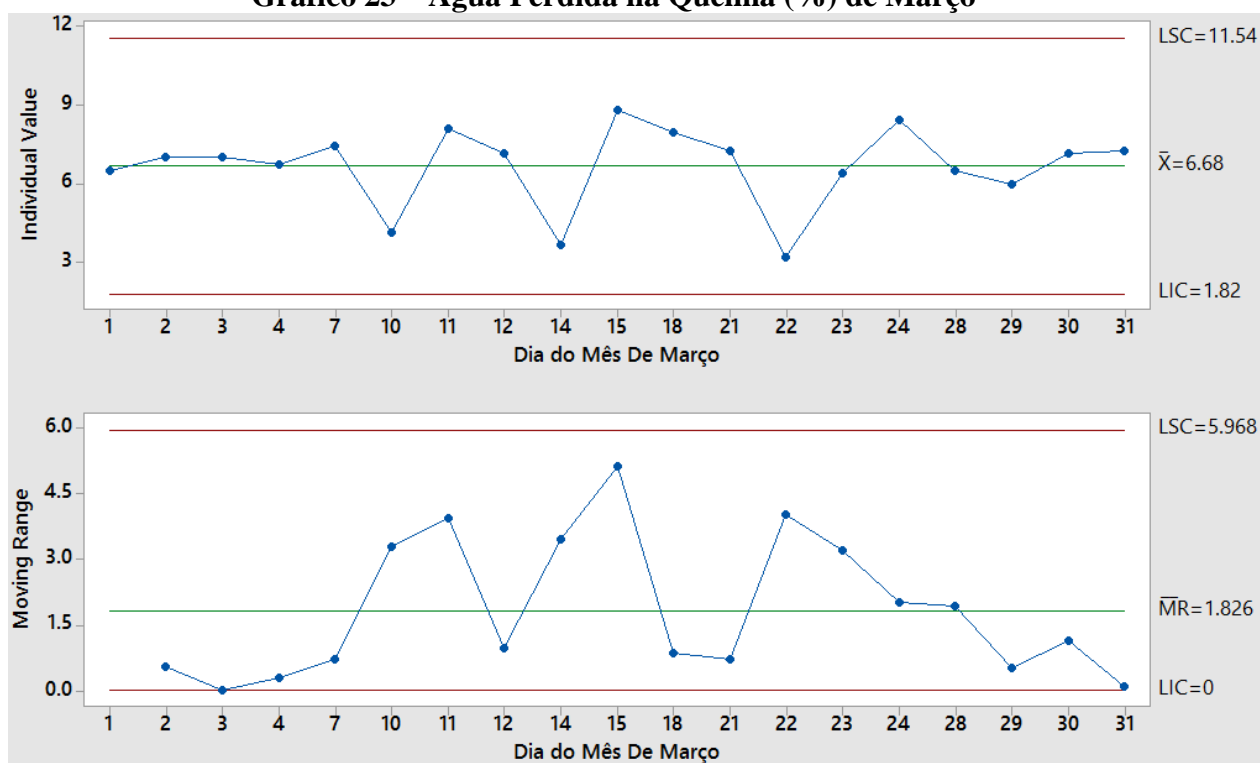
Os dados referentes a água perdida na secagem pelas amostras do mês de março encontram-se plotadas no gráfico 22, onde não houve ponto fora dos limites de controle. Em relação a padronização, a variação dos valores continua se apresentando alta com enfoque ao período do meio do mês, onde ocorreram os maiores picos. Já o início e fim do mês mostraram-se mais próximos da média e com menores variações.

Durante o processo de queima do mês de março, os valores de perda de água mostraram-se bem semelhantes aos de secagem como pode ser observado no gráfico 23, onde o início e fim do mês seguiam próximos ao valor médio, enquanto o meio do mês apresentou diversos picos e quedas, o que relata o momento de maior despadronização em relação a umidade da massa do mês. Por outro lado, nenhum índice localizou-se acima dos limites de controle.

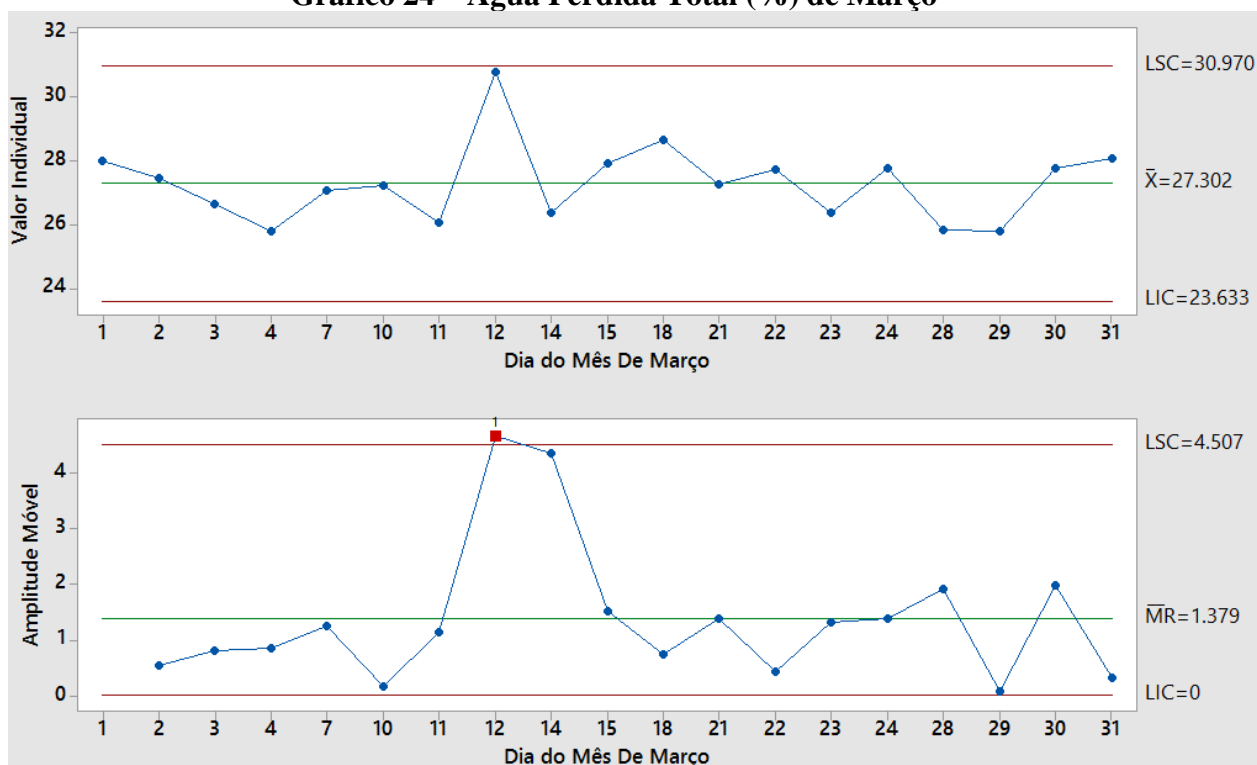
**Gráfico 22 – Água Perdida na Secagem (%) de Março**



Fonte: Dados da pesquisa.

**Gráfico 23 – Água Perdida na Queima (%) de Março**

Fonte: Dados da pesquisa.

**Gráfico 24 – Água Perdida Total (%) de Março**

Fonte: Dados da pesquisa.

O gráfico 24 traz o resultado da soma dos valores de água perdida pela secagem e pela queima. Como ambos mostraram o mesmo padrão, os índices referentes ao meio do mês

foram os mais altos, sendo que a variação entre o dia 11 e 12 foi extremamente alta, resultando em um ponto acima do limite de controle do gráfico de amplitude móvel.

#### 4.2.4 Mês de Abril

No mês de abril, o gráfico 25 mostra os dados referente a etapa de secagem. De modo geral, todos os dados encontram-se próximos a média, o que demonstra controle do processo e um bom nível de padronização; porém houve um ponto, do dia 12, que excedeu o limite superior de controle. Tal fato pode ter ocorrido devido a alguma anomalia do processo.

Diferentemente da secagem, a queima do mês de abril mostrou novamente grande variação o que pode ser observado no gráfico 26 pelo comportamento de ambos os gráficos (individual e amplitude). Entretanto, nenhum dos pontos ultrapassou os limites, de modo a identificar o controle do processo e o não acontecimento de causas especiais.

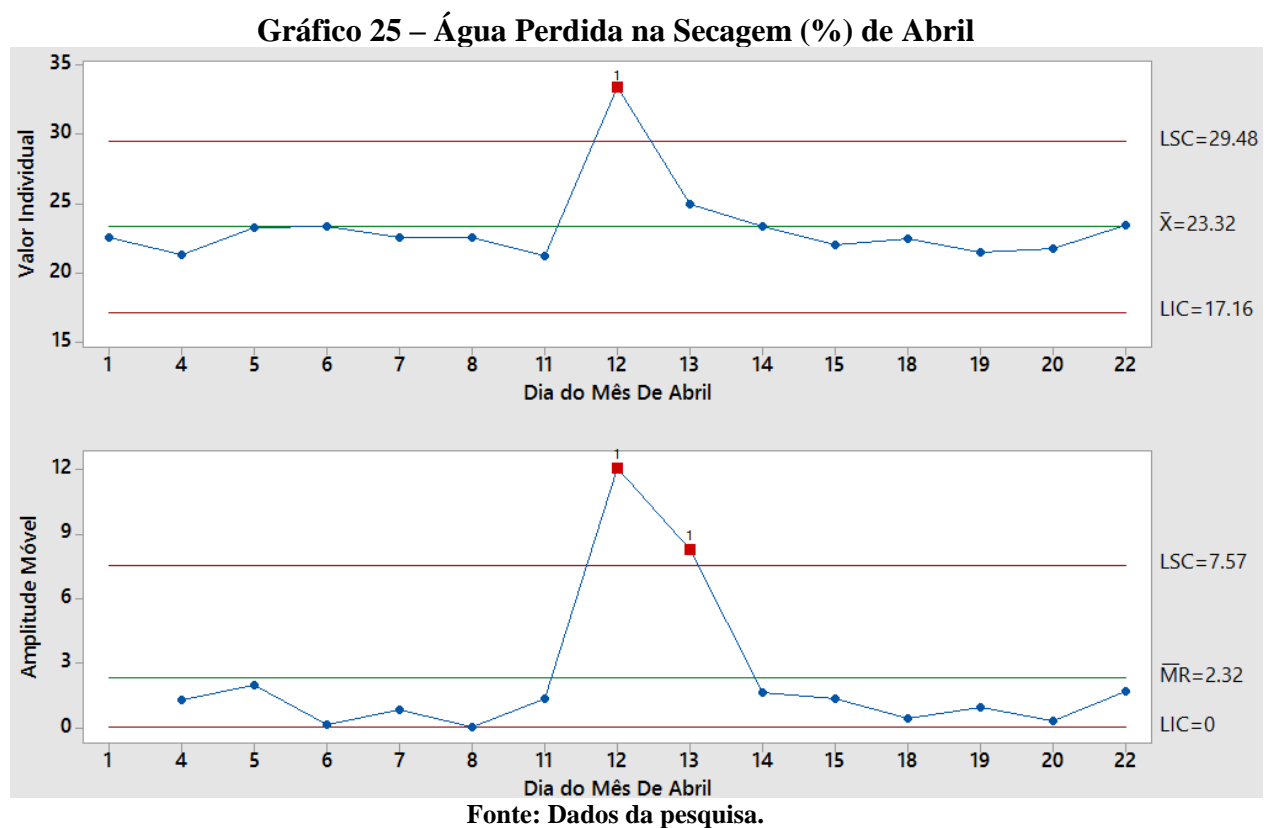
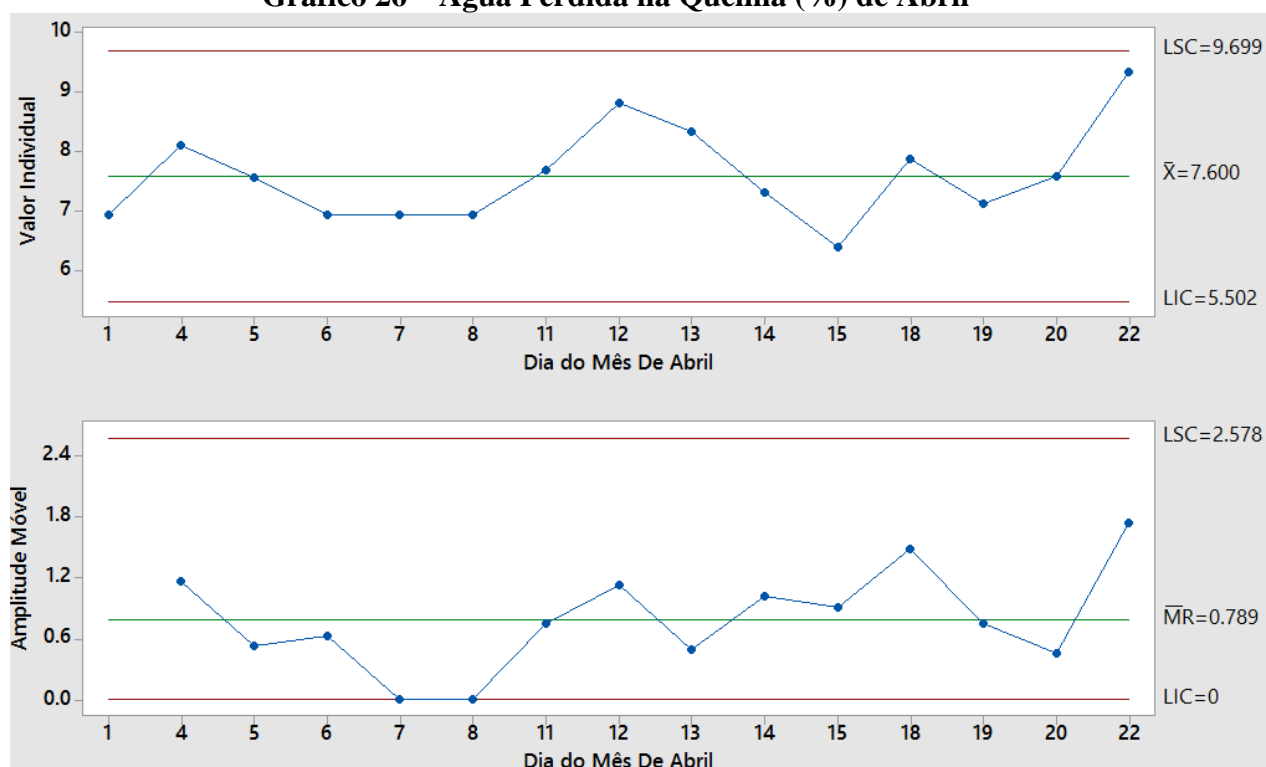
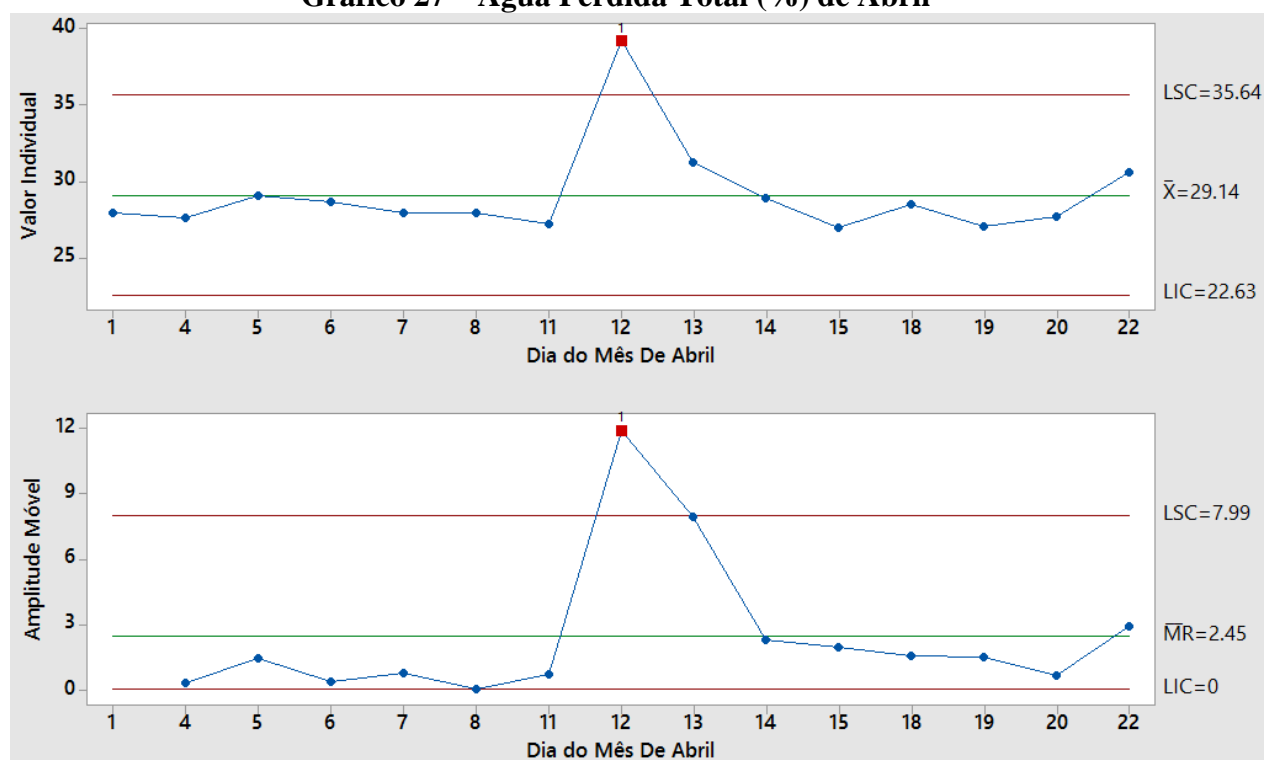


Gráfico 26 – Água Perdida na Queima (%) de Abril



Fonte: Dados da pesquisa.

Gráfico 27 – Água Perdida Total (%) de Abril



Fonte: Dados da pesquisa.

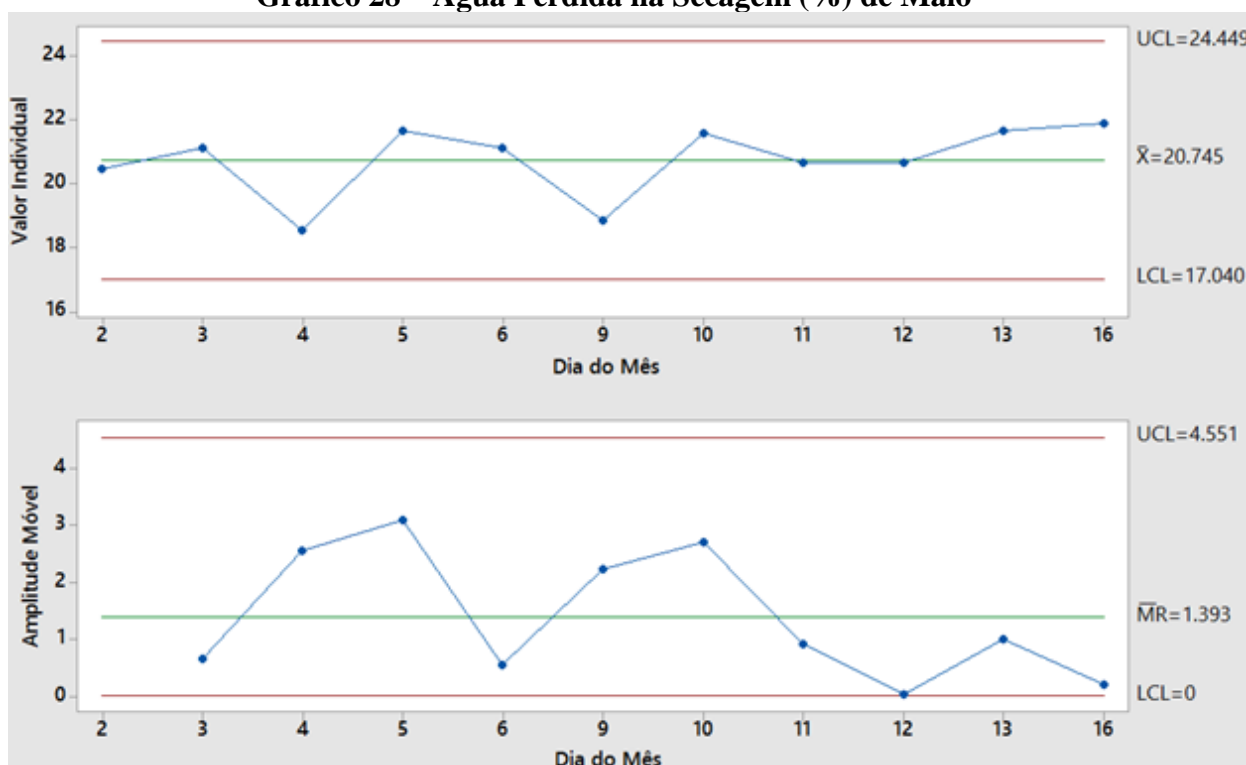
Como o gráfico de água perdida total do mês está muito relacionado aos valores da secagem, em abril, o gráfico 27 apontou informações semelhantes ao gráfico 25, onde há uma

boa aproximação dos valores em relação a média, entretanto ocorreu o pico no dia 12 decorrente de uma possível anomalia.

#### 4.2.5 Mês de Maio

Em maio houve coleta até somente o meio do mês e, dentro desses valores, observou o controle do processo, como mostra o gráfico 28, sem pontos fora dos limites, mas com certa variação que determina a despadronização da etapa de secagem, bem evidente pelo gráfico de amplitude móvel, onde os pontos ascendem e decaem.

**Gráfico 28 – Água Perdida na Secagem (%) de Maio**

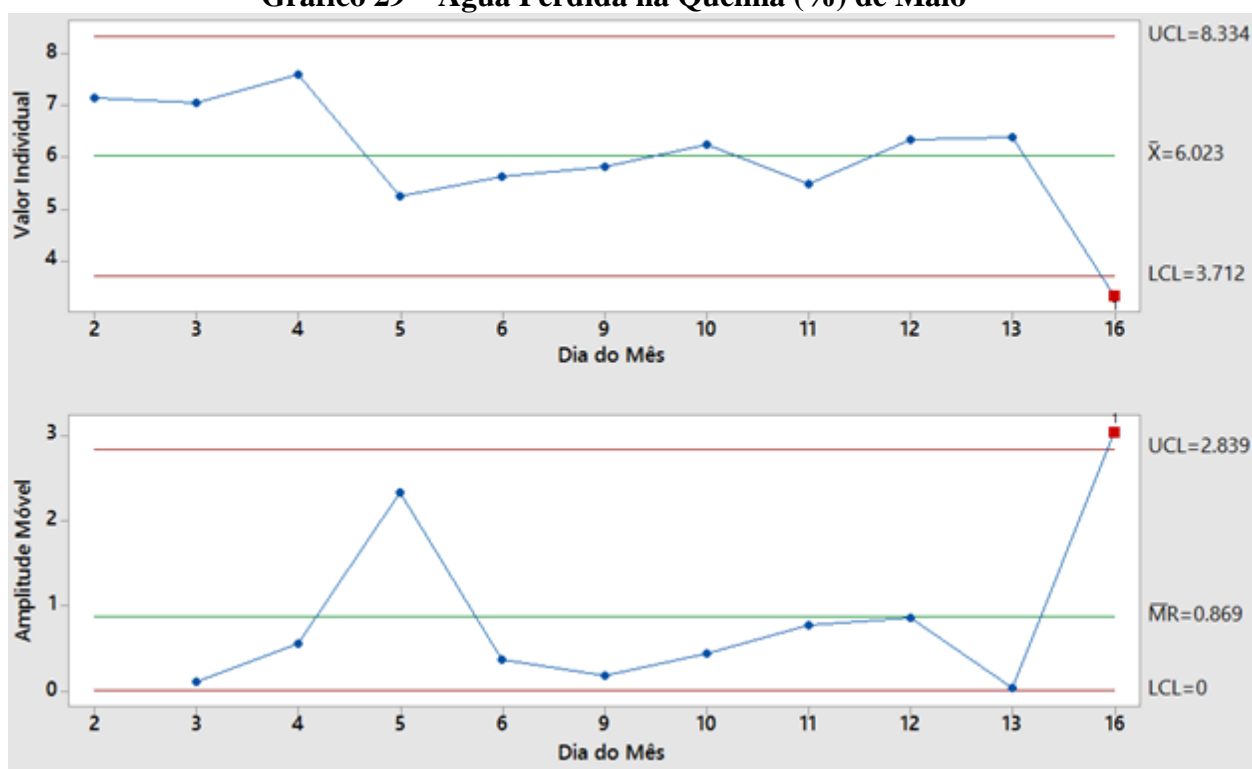


Fonte: Dados da pesquisa.

O gráfico 29 representa os valores obtidos para a análise de perda de água no processo da queima e traz um ponto abaixo do limite de controle inferior. Esse ponto pode ser sido causado por alguma causa especial, mas sabe-se que a falta de água na argila representa uma diminuição de sua plasticidade. Como esse ponto apontou-se fora do controle apenas na queima, isso representa que nas camadas mais internas havia uma quantidade menor de água. Por outro lado, os demais pontos mostraram-se controlados, em que boa parte deles estavam próximos a linha média ou superiores a ela, apesar de ainda haver boa variação entre eles.

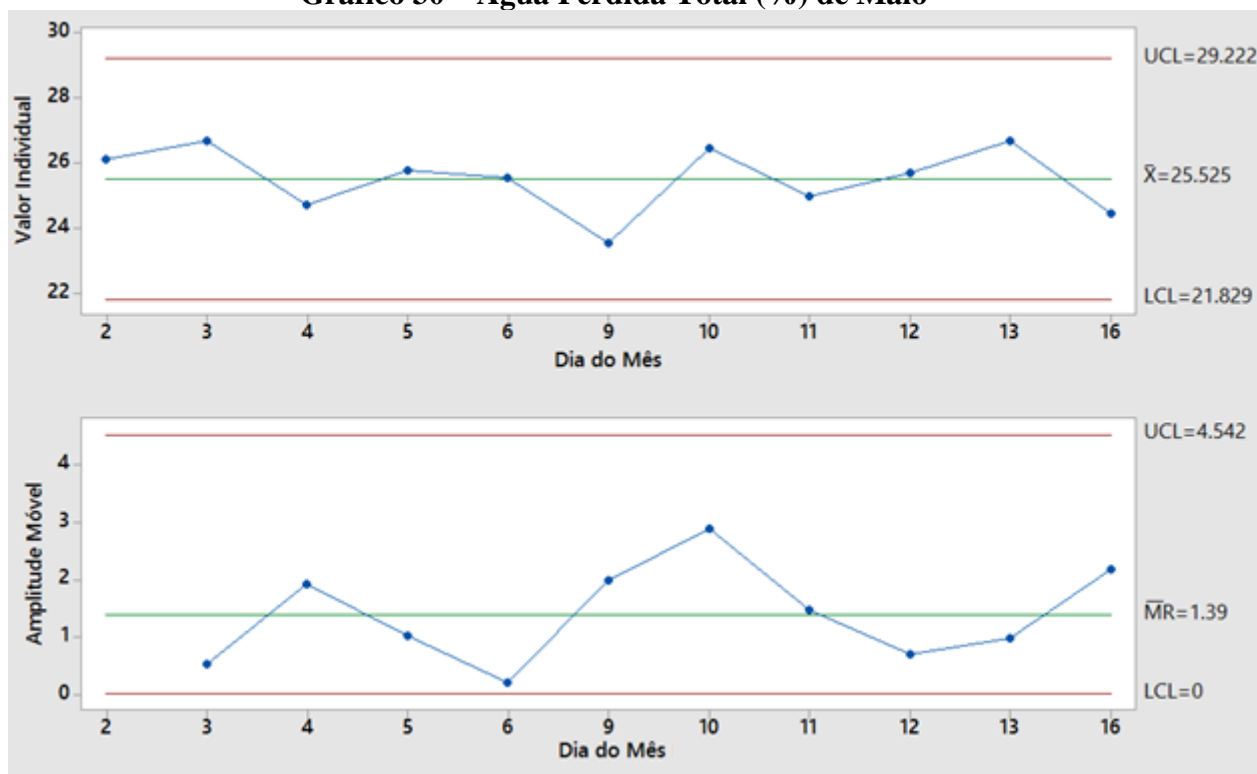


Gráfico 29 – Água Perdida na Queima (%) de Maio



Fonte: Dados da pesquisa.

Gráfico 30 – Água Perdida Total (%) de Maio



Fonte: Dados da pesquisa.

No último gráfico referente a análise da umidade da massa, os pontos se mantiveram dentro dos limites de controle, assim como a variação entre eles também se manteve

decorrente.

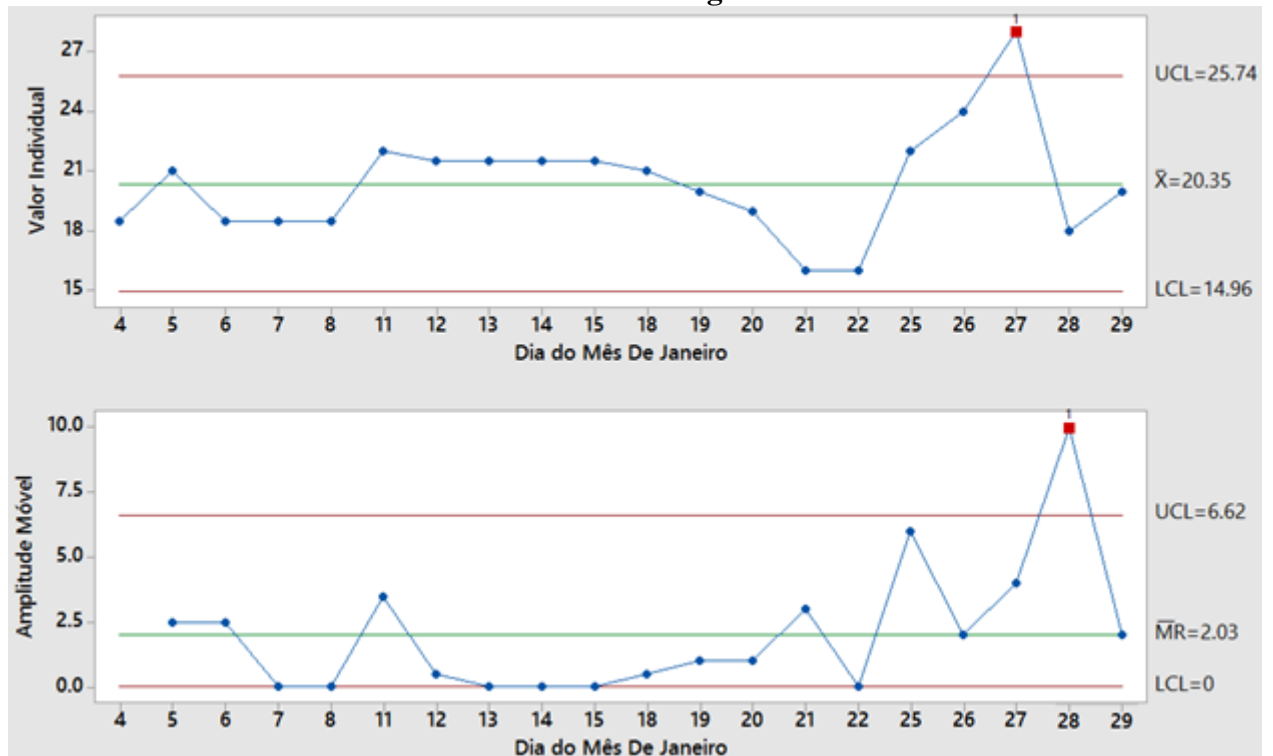
A partir dessas análises e conforme discutido no tópico 2.4.1 a retração dos tijolos é proporcional ao grau de umidade da matéria-prima e também está relacionada à composição da argila, e apesar de ser esperada apresenta o efeito negativo de deformação à medida que avança nas etapas de fabricação, contudo tem ações positivas na conferência de plasticidade do material. O ponto primordial do controle de processo é equalizar as relações de umidade com as de retração, pela avaliação constante das características da matéria-prima, preferencialmente, anterior ao início do processo e uso dos resultados como medidas de decisão da produção do dia.

### **4.3 Análise dos Resíduos na Argila**

A quantidade de resíduos na argila influencia no comportamento dos produtos durante a secagem e queima, assim como em sua qualidade. Assim como Leggerini (2010) menciona, a areia diminui a plasticidade, o que se torna positivo, pois há menor deformação durante a queima, assim como também auxilia na redução da retração, diminuindo gastos com matéria prima, e facilita a secagem. Por isso, 60% da mistura é composta pela argila fraca, sendo essa a detentora de maiores níveis de resíduos. Por outro lado, os resíduos também possuem características negativas que se, em excesso ou acima do desejado, pode acarretar em malefícios aos produtos, como tornar os produtos mais porosos e frágeis e diminuir a resistência mecânica.

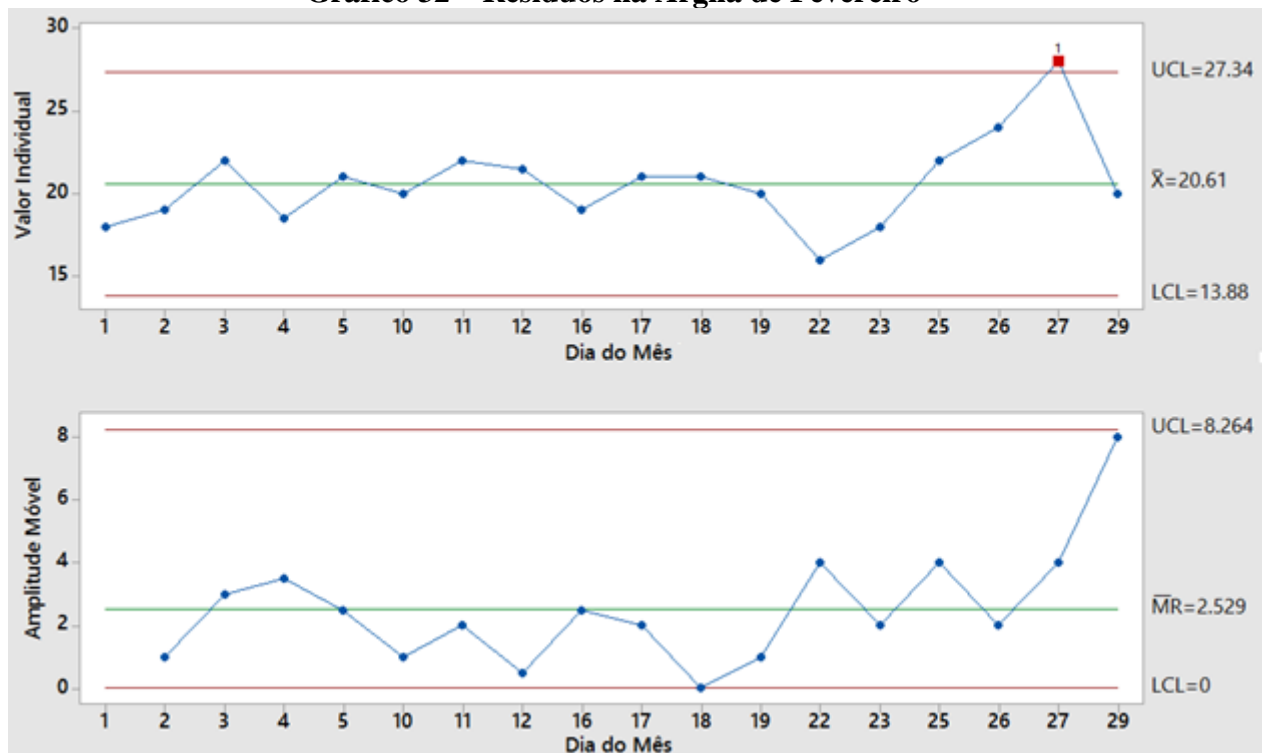
Nesse contexto, é fundamental o controle da quantidade de resíduos na argila para que esse não seja nem superior e nem inferior. No gráfico 31, observa-se que os pontos, de forma geral, estão controlados, exceto apenas a coleta do dia 27 que mostrou-se acima do limite superior de controle, podendo ser explicado por alguma anomalia ocorrida. Em relação a padronização, o gráfico de janeiro mostrou-se com um nível aceitável, onde poucos picos se destacaram.

Gráfico 31 – Resíduos na Argila de Janeiro



Fonte: Autora.

Gráfico 32 – Resíduos na Argila de Fevereiro



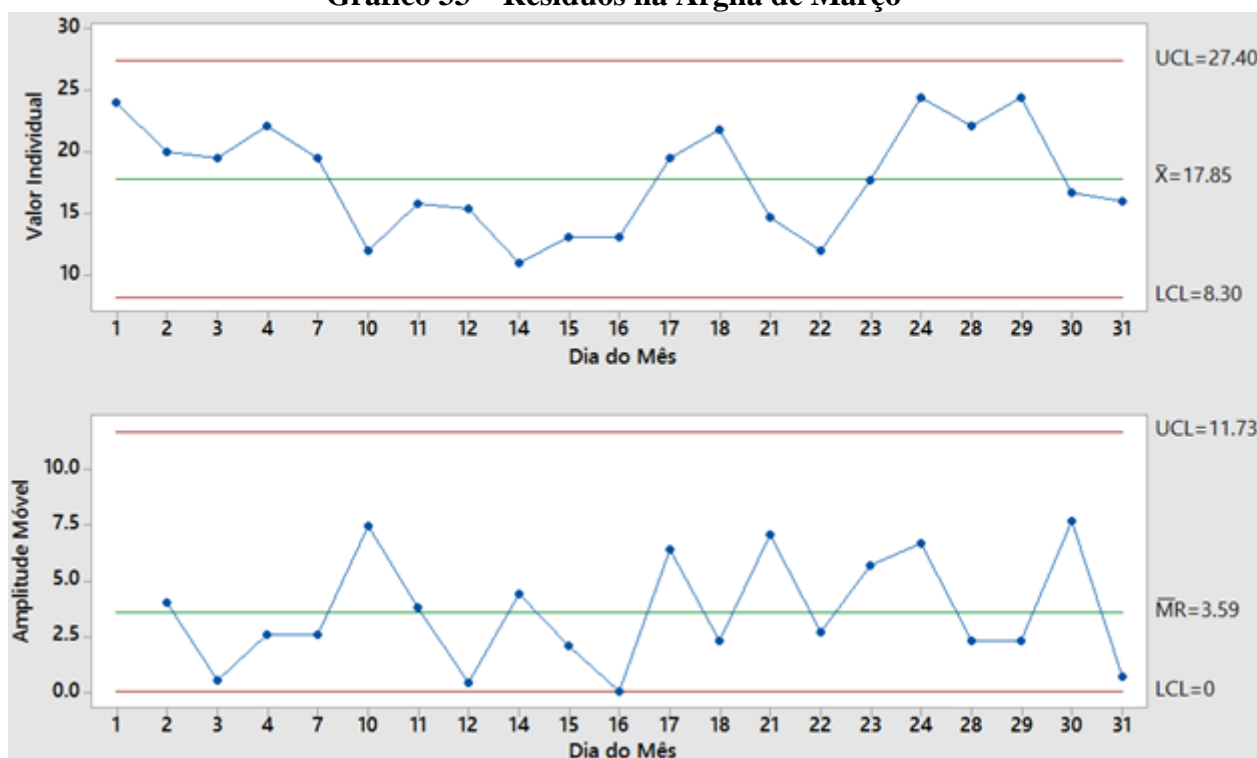
Fonte: Autora

Para o mês de fevereiro, o gráfico 32 aponta comportamento semelhante ao anterior, onde os pontos estão todos dentro dos limites de controle, com exceção do dia 27. O

excedente em relação ao limite mostrou-se inferior ao do mês de janeiro, mas ainda assim não segue dentro dos limites. Considerando que ambos os meses apontaram essa anomalia no final do mês, pode haver alguma alteração sendo realizada em relação a matéria prima nesses períodos de fim de mês que afetem esse resultado. Outra consideração importante sobre esse gráfico está na despadronização que mostrou-se superior ao anterior, com muitas altas e quedas no gráfico de amplitude.

O gráfico 33 mostra os resultados da coleta de março em que nenhum dos dados apresentou-se acima ou abaixo dos limites de controle, mas com uma excessiva taxa de despadronização. É relevante observar que o mesmo comportamento em relação aos meses anteriores tem tido continuidade que é os altos níveis de resíduos no final do mês. Entretanto, o início do mês referente a esse gráfico também mostrou valores elevados, consequência da alta do fim do mês anterior.

**Gráfico 33 – Resíduos na Argila de Março**

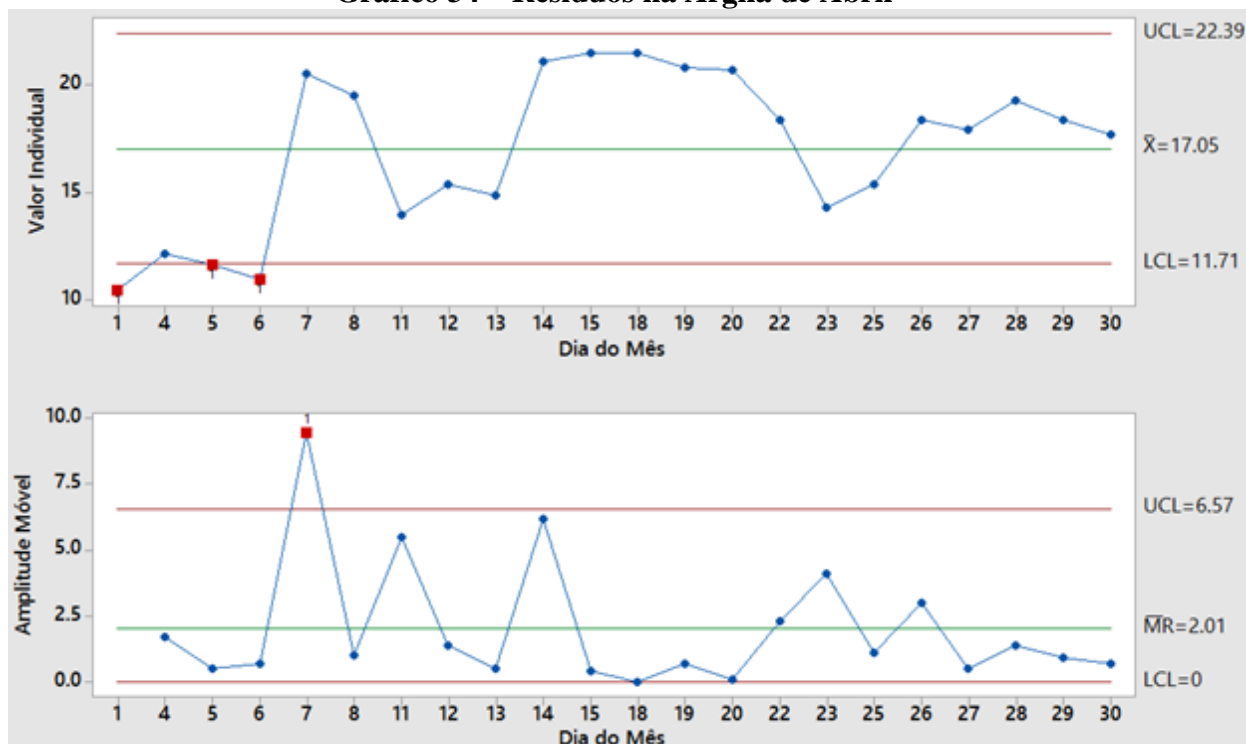


Fonte: Autora.

Em contradição com o padrão seguido dos meses anterior, o gráfico 34 referente ao mês de abril iniciou com uma queda brusca dos valores em que três deles mostraram-se abaixo do limite inferior de controle, sendo seguidos por um grande pico repentino, acarretando a extrapolação do limite superior de controle do gráfico de amplitude do dia 7. Assim como o início do gráfico, o restante mostrou grande variância de valores evidenciando

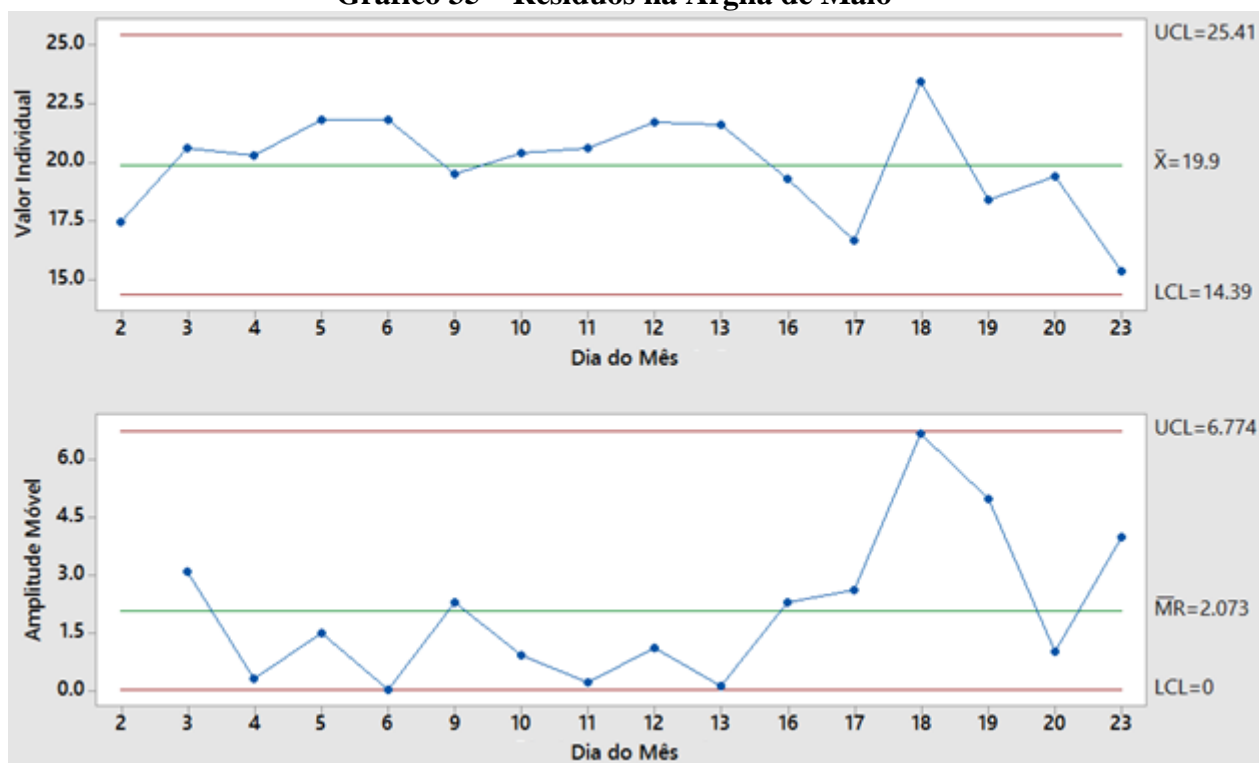
a falta de padronização.

**Gráfico 34 – Resíduos na Argila de Abril**



Fonte: Autora.

**Gráfico 35 – Resíduos na Argila de Maio**



Fonte: Autora.

Para o último mês de coleta, o gráfico 35 pode ser elaborado com dados de até o dia

23, já que para análise dos resíduos da argila verde, as anotações das medições podem ser realizadas diariamente, sem a necessidade de espera da realização de secagem e queima do material. Observa-se, então, que o mês de maio não mostrou nenhum ponto fora de controle; por outro lado, a despadronização continuou ocorrendo, gerando desestabilização no gráfico de amplitude, onde o ponto do dia 18 alcançou o limite superior de controle, não ultrapassando-o, no entanto.

## 5 CONCLUSÃO

Por meio das visitas realizadas na cerâmica em estudo, pôde-se observar todo o processo de produção da empresa e caracterizar suas etapas. Verificou-se que o processo de manufatura dos tijolos ocorre a partir do material residual da fabricação de telhas, de modo em que não há diferenciação nas propriedades e nos aspectos produtivos da massa de argila utilizada para os dois produtos. As etapas nos quais ambos realizam são, em sua maioria, as mesmas, exceto o molde da telha que é realizado por formas enquanto a do tijolo é necessária outra extrusão e corte. Dentre as variáveis críticas do processo, escolheu-se aquelas em que, a partir do monitoramento e correção, é possível reduzir os impactos negativos resultantes, sendo essas a retração, umidade da massa e resíduos na argila. Todas as três variáveis afetam o alcance das especificações apresentadas pela norma específica de tijolos, a ABNT NBR 15270-1:2005 e, para a análise delas, utilizou-se os gráficos de controle.

Os gráficos de controle auxiliam na verificação do controle do processo conjuntamente com sua padronização, sendo possível observar ambos fatores. A partir da plotagem dos gráficos de controle referentes aos dados de retração, umidade da massa e resíduos na argila, observou-se informações em comum: o processo mostra-se controlado, com poucos pontos fora de controle por mês, podendo ser explicados como causas especiais, porém, o processo apresenta um alto nível de despadronização, indicado pelos gráficos de amplitude, que representa uma medida estatística de dispersão.

A falta de padronização em um processo acarreta em riscos de descumprimento das normas, já que não se tem total controle sobre o comportamento das variáveis, assim como um maior índice de perda e desperdício de matéria prima, produto acabado, tempo, tanto de retrabalho como principalmente em relação ao controle do tempo de queima que é alterado a partir da alteração das características do produto verde, entre outros. Por isso, algumas ações visando o alinhamento dos processos de forma em que aumente o nível de padronização são necessárias para uma otimização do processo produtivo e um melhor desempenho da empresa, não só referente ao financeiro, que diminuiria nos custos de produção, como também na qualidade de seus produtos que é fundamental para a satisfação e fidelização de seus clientes.

Um fator observado durante a realização do estudo foi em relação a manutenção dos equipamentos e ferramentas. Notou-se que ocorreram diversas quebras de máquinas durante o período da pesquisa, ocasionando a parada da produção. De acordo com perguntas feitas a um dos funcionários, a manutenção realizada é geralmente a corretiva, ou seja, aquela que realiza-se com a quebra ou parada de maquinário. Ainda segundo ele, a manutenção preventiva, como

troca de óleo, limpezas, pequenos ajustes de ferramentas, e outras tarefas básicas são efetuadas ao fim do expediente. Entretanto, as atividades preventivas realizadas são de natureza muito básica, o que torna-se insuficientes para evitar com que as quebras continuem ocorrendo. Por isso, recomenda-se a execução de um plano de manutenção que insira também a manutenção preditiva que não foi identificada presente na indústria, mas que é de fundamental importância para a redução de quebras e paradas de produção. A realização do plano ajudará também no maior controle do maquinário promovendo eficiência e eficácia nas etapas de produção, redução de gastos desnecessários, realização de manutenção em tempo hábil e em conjunto, diminuindo a frequência dessa atividade, entre muitos outros benefícios.

Ainda sobre as melhorias que podem reduzir a despadronização é em relação ao controle da matéria prima. A empresa realizou ensaios para informações sobre as características das argilas no momento da obtenção da jazida onde é retirada a matéria prima de sua produção; entretanto, esse ensaio ocorreu em setembro de 2012, totalizando 3 anos e 9 meses. Por isso, indica-se que tais análises ocorram de forma mais frequente, para que possa-se conhecer melhor a matéria prima no qual está sendo manipulada para, assim, identificar as melhores características dos processos e encontrar a otimização de cada etapa, adequando-as em relação as particularidades dos efeitos e reações. Isso porque é sabido que a evaporação da água livre se processa em temperaturas acima de 100°C, logo as análises de retração de secagem permitem conhecer e mensurar as taxas de deformação nesta etapa, contudo as reações de ordem química, a qual é desencadeada em temperatura acima de 600 °C estão relacionadas a composição química da argila. Tão logo, sugere-se, esse conhecimento via laudos específicos e a correlação continua da composição química da matéria-prima com os lotes produzidos a partir desta.

Ainda relacionado a argila, recomenda-se também que, por se tratar de matéria-prima armazenada ao ar livre, susceptível a chuvas e/ou evapotranspiração por excessivo calor, que os caixões alimentadores, que se encontram em galpão coberto, sejam alimentados no dia anterior ao da produção e que sejam amostrados parcelas de argilas que irão compor os depósitos, a fim de obter amostra representativa da matéria-prima, para avaliação de critérios de umidade e resíduos de argila, previamente ao início do processo, permitindo ajustes, por exemplo, na abertura de água na etapa da maromba e calibração de medida de corte da cordoalha.

Observou-se que a empresa busca pela implantação de diferentes tecnologias e métodos e está aberta a frequentes mudanças que visam a otimização do processo de



produção. Essa abertura faz possível que haja o desenvolvimento e implementação de um plano de melhorias proporcionando a redução dos efeitos que geram essa atual despadronização. Muitos benefícios referentes a qualidade e a redução de gastos podem ser adquiridos de tal modo a promover confiabilidade do processo e satisfação de clientes, que consequentemente leva a um crescimento na lucratividade da empresa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABCERAM – Associação Brasileira de Cerâmica. **Processo de Fabricação de Cerâmica Vermelha** – Fluxograma 1 – Processo de Fabricação de Cerâmica Vermelha. São Paulo, SP: 2011. Disponível em: <<http://www.abceram.org.br/site/index.php?area=45>>. Acessado em: 06 de Março de 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15270-1**: Componentes cerâmicos parte 1: Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação – Terminologia e requisitos. Rio de Janeiro, 2005.

BASTOS, F. A. Avaliação do Processo de Fabricação de Telhas e Blocos Cerâmicos Visando a Certificação do Produto. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis: 2003. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/86480/191985.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 06 de Março de 2016.

BLODORN, M., SOARES, M. **Qualidade: Uma Questão de Sobrevivência para as Organizações**. Banco de Dados Zona Sul – Instituto Técnico de Pesquisa e Assessoria – Universidade Católica de Pelotas (UCPel). Pelotas, RS: 2011. Disponível em: <<http://www.bancodedadoszonasul.com.br/htmlarea/midia/artigos/68922112011112554.pdf>>. Acessado em: 27 de Junho de 2015.

CARPINETTI, Luiz Cesar Ribeiro. **Gestão da Qualidade: conceitos e técnicas**. São Paulo: Atlas, 2012. 239p.

COSTA, A. F. B., EPPRECHT, E. K., CARPINETTI, L. C. R. **Controle estatístico de qualidade**. – 2. ed. – 6. reimpr. – São Paulo: Atlas, 2012.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Guia técnico ambiental da indústria de cerâmica vermelha**. Belo Horizonte, 2013.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. – 4. ed. – 8. reimpr. – São Paulo: Atlas, 2006.

GRUPO TCHÊ QUÍMICA. **Materiais Cerâmicos**. Periódico Científico Multidisciplinar Internacional. Rio Grande do Sul, 2015. Disponível em: <<http://www.deboni.he.com.br/ceramicos.pdf>>. Acesso em: 06 de Março de 2016.

HONÓRIO, O. **Estudo de Aumento de Capacidade da Planta de Britagem da Usina I de Germano- Samarco Mineração S.A.** Universidade Federal de Ouro Preto, Escola de Minas. Ouro Preto, Minas Gerais: 2010. Disponível em: <<https://pt.scribd.com/doc/87171242/Estudo-de-Aumento-de-Capacidade-Da-Planta-de-Britagem-Da-Usina-i-de-Germano-Samarco-Mineracao-Sa#scribd>>. Acesso em: 06 de Março de 2016.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. **Informação ao Consumidor: Bloco Cerâmico (Tijolo)**. INMETRO, 2012. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/produtos/tijolo.asp>>. Acessado em: 06 de Março de 2016.

KOTLER, P., KELLER, K. L. **Administração de Marketing**. Tradução: Sônia Midori Yamamoto; revisão técnica: Edson Crescitelli. – 14. ed. – São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2012.

LAKATOS, E. M., MARCONI, M. A. **Metodologia científica**. – 5. ed. – 2. reimpr. – São Paulo: Atlas, 2008.

LEGGERINI, M. R. C. **Capítulo II - Materiais Cerâmicos**. Materiais Técnicas e Estruturas I – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS: 2010. Disponível em:

<[http://www.feng.pucrs.br/professores/mregina/ARQUITETURA\\_-\\_Materiais\\_Tecnicas\\_e\\_Estruturas\\_I/estruturas\\_i\\_capitulo\\_II\\_materiais\\_ceramicos.pdf](http://www.feng.pucrs.br/professores/mregina/ARQUITETURA_-_Materiais_Tecnicas_e_Estruturas_I/estruturas_i_capitulo_II_materiais_ceramicos.pdf)>. Acessado em: 06 de Março de 2016.

LIMA, M. C. **Monografia: a engenharia da produção acadêmica**. – 2. ed. rev. e atualizada – São Paulo: Saraiva, 2008.

LIMA, E. P., PITI, H. J. **Estudo de Atividade Empresarial – Cerâmica Vermelha da Região Central do Tocantins**. Palmas, TO. SEBRAE: 2004. Disponível em:

<[http://sindicerpib.com.br/media/dynamic/download/Estudo\\_de\\_Cer%C3%83mica\\_vermelha.pdf](http://sindicerpib.com.br/media/dynamic/download/Estudo_de_Cer%C3%83mica_vermelha.pdf)>. Acessado em: 06 de Março de 2016.

LONGO, R. M. J. **Gestão da Qualidade: Evolução Histórica, Conceitos Básicos e Aplicação na Educação**. Brasília, Distrito Federal: 1996. Disponível em:

<[http://desafios2.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/TDs/td\\_0397.pdf](http://desafios2.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/TDs/td_0397.pdf)>. Acessado em: 27 de Junho de 2015.

MARTINS, J. G., SILVA, A. P. **Materiais de Construção – Produtos Cerâmicos**. Série Materiais, 2ª Edição: 2004. Disponível em:

<<https://engenhariacivilfsp.files.wordpress.com/2012/05/produtos-ceramicos.pdf>>. Acessado em: 06 de Março de 2016.

MICHEL, M. H. **Metodologia e pesquisa científica em ciências sociais**. São Paulo: Atlas, 2005.

MONTEIRO, L.C. **Fundamentos da Qualidade**. INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia, Brasil, 2012. Disponível em:

<<http://www.inmetro.gov.br/qualidade/iaac/pdf/fundamentos-qualidade.pdf>>. Acessado em: 12 de Janeiro de 2016.

MUCKIAN, M. **Prentice Hall's MBA em Marketing em 1 Dia**. Tradução: Martha Malvezzi Leal. Revisão técnica: Luciano Sabóia. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2002.

MÜLLER, L.E.; SOARES, J.M.D.; PINTO, C.A.M. et al. **Curso básico de cerâmica vermelha estrutural**. Santa Maria: UFSM, 1990. 135 p.

OLIVEIRA, F. E. M. **Acompanhamento da Produção Industrial em Cerâmica da Microrregião do Vale do Assu**. Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Angicos- RN: 2011. Disponível em:

<<http://www2.ufersa.edu.br/portal/view/uploads/setores/232/arquivos/Fabson%20Emerson%2>

0Marrocos%20de%20Oliveira.pdf>. Acessado em: 06 de Março de 2016.

PALADINI, E. P. **Gestão estratégica da qualidade: princípios, métodos e processos**. São Paulo: Editora Atlas S.A. 2009.

PALADINI, E. P. **Gestão da Qualidade. Teoria e Prática**. São Paulo: Editora Atlas S.A. 2010.

PINHEIRO, B. C. A., HOLANDA, J. N. F. **Efeita da temperatura de queima de algumas propriedades mecânicas de cerâmica vermelha**. Universidade Estadual do Norte Fluminense, Rio de Janeiro: 2000.

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE MINAS GERAIS. Pró-Reitoria de Graduação. Sistema de Bibliotecas. **Padrão PUC Minas de normalização: normas da ABNT para apresentação de teses, dissertações, monografias e trabalhos acadêmicos**. 9. ed. rev. ampl. atual. Belo Horizonte: PUC Minas, 2011.

RAMOS, A. W. **CEP para processos contínuos e em bateladas**. São Paulo: Blucher, 2000.

RIES, H. **CLAYS: Their occurrence, properties, and uses**. Primeira Edição. London: Chapman & Hall, Limited, 1906. 527 páginas. Disponível em: <<https://play.google.com/books/reader?id=yLIOAwAAQBAJ&printsec=frontcover&output=reader&hl=en&pg=GBS.PP1>>. Acessado em: 2 de julho de 2016.

RIBEIRO, A. C. E. **Afinal, O Que é Qualidade?** MBC – Movimento Brasil Competitivo: Brasília, Distrito Federal – Brasil, 2004. Disponível em: <<http://www.competes.com.br/mbc/uploads/biblioteca/1164635822.4657A.pdf>>. Acessado em: 12 de Janeiro de 2016.

ROTONDARO, R. G. **Seis Sigma: estratégia gerencial para a melhoria de processos, produtos e serviços**. – 1. ed. – 7. reimpr. – São Paulo: Atlas, 2010.

RUIZ, J. A. **Metodologia científica: guia para eficiência nos estudos**. – 6. ed. – 5. reimpr. – São Paulo: Atlas, 2011.

SAMOHYL, R. W. **Controle estatístico da qualidade**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção do ponto de vista da engenharia de produção**. Tradução Eduardo Schaan. – 2. ed. – Porto Alegre: Bookman, 1996.

SILVA, A. V. **Análise do Processo Produtivo dos Tijolos Cerâmicos no Estado do Ceará – da Extração da Matéria-Prima à Fabricação**. Universidade Federal do Ceará – Departamento de Engenharia Estrutural e Construção Civil. Fortaleza, Ceará: 2009. Disponível em: <[http://www.deecc.ufc.br/Download/Projeto\\_de\\_Graduacao/2009/Analise%20do%20Processo%20Produtivo%20dos%20Tijolos%20Ceramicos%20no%20Estado%20do%20Ceara.pdf](http://www.deecc.ufc.br/Download/Projeto_de_Graduacao/2009/Analise%20do%20Processo%20Produtivo%20dos%20Tijolos%20Ceramicos%20no%20Estado%20do%20Ceara.pdf)>. Acessado em: 06 de Março de 2016.

SLACK, N., CHAMBERS, S., JOHNSTON, R. **Administração da produção**. Tradução Maria Teresa Corrêa de Oliveira. – 3. ed. – São Paulo: Atlas, 2009.

SOARES, C. H. S, BROCHADO, M. R, PITHON, A. J. C. **Modelagem de Processo Cerâmico Etapa de Extração no IDEF**. XIII SIMPEP. Bauru, São Paulo: 2006. Disponível em: <[http://www.simpep.feb.unesp.br/anais/anais\\_13/artigos/638.pdf](http://www.simpep.feb.unesp.br/anais/anais_13/artigos/638.pdf)>. Acessado em: 06 de Março de 2016.

SOARES, R. A. L., NASCIMENTO, R. M. **O Processo Produtivo e a Qualidade do Produto Cerâmico Estrutural**. II Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica. João Pessoa, Paraíba: 2007. Disponível em: <[http://www.redenet.edu.br/publicacoes/arquivos/20080922\\_101302\\_CIVI-026.pdf](http://www.redenet.edu.br/publicacoes/arquivos/20080922_101302_CIVI-026.pdf)>. Acessado em: 06 de Março de 2016.

VIANA, H. R. G. **PCM – Planejamento e Controle da Manutenção**. Rio de Janeiro: Qualitymark Ed., 2002. 192p.

XAVIER, J. N., DORIGO, L. C. **Importância da gestão na manutenção ou como evitar as “armadilhas” na gestão da manutenção**. TECEM – Tecnologia Empresarial Ltda. Maintenance Management Expertise. Belo Horizonte, MG: 2004.

XENOS, H. G. **Gerenciando a manutenção produtiva** – O caminho para eliminar falhas nos equipamentos e aumentar a produtividade. Belo Horizonte: EDG Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1998.

**ANEXO A–TABELAS DEFATORES PARA CÁLCULO DE LIMITES DE  
CONTROLE**

$n$	$A_2$	$A_3$	$E_2$	$B_3$	$B_4$
2	1,880	2,695	2,660	–	3,267
3	1,023	1,954	1,772	–	2,568
4	0,729	1,628	1,457	–	2,266
5	0,577	1,427	1,290	–	2,089
6	0,483	1,287	1,184	0,030	1,970
7	0,419	1,182	1,109	0,118	1,882
8	0,373	1,099	1,054	0,185	1,815
9	0,337	1,032	1,010	0,239	1,761
10	0,308	0,975	0,975	0,284	1,716

$n$	$D_3$	$D_4$	$D$	$c_4$	$d_2$
2	–	3,267	0,709	0,798	1,128
3	–	2,574	0,524	0,886	1,693
4	–	2,282	0,446	0,921	2,059
5	–	2,114	0,403	0,940	2,326
6	–	2,004	0,375	0,952	2,534
7	0,076	1,924	0,353	0,959	2,704
8	0,136	1,864	0,338	0,965	2,847
9	0,184	1,816	0,325	0,969	2,970
10	0,223	1,777	0,314	0,973	3,078

**Fonte: Ramos 2000 apud Montgomery 1996.**

## ANEXO B – TABELAS DO ÍNDICES DE RETRAÇÃO

### TABELA ÍNDICES DE RETRAÇÃO DOS TIJOLOS - JANEIRO

<b>Dia (Mês)</b>	<b>Medida Verde (mm)</b>	<b>Medida Seca (mm)</b>	<b>Retração Secagem (mm)</b>	<b>Medida Queimada (mm)</b>	<b>Retração Queima (mm)</b>	<b>Retração Total (%)</b>
<b>2</b>	100	94.35	5.65	93.75	0.60	6.25
<b>5</b>	100	93.66	6.34	93.44	0.22	6.56
<b>7</b>	100	93.69	6.31	93.26	0.43	6.74
<b>8</b>	100	94.37	5.63	94.04	0.33	5.96
<b>9</b>	100	93.31	6.69	92.52	0.79	7.48
<b>13</b>	100	94.42	5.58	93.46	0.96	6.54
<b>14</b>	100	94.17	5.83	93.74	0.43	6.26
<b>15</b>	100	93.27	6.73	92.47	0.80	7.53
<b>16</b>	100	94.07	5.93	93.26	0.81	6.74
<b>18</b>	100	93.55	6.45	92.41	1.14	7.59
<b>19</b>	100	94.27	5.73	93.35	0.92	6.65
<b>20</b>	100	94.27	5.73	93.18	1.09	6.82
<b>21</b>	100	93.39	6.61	92.43	0.96	7.57
<b>22</b>	100	94.20	5.80	93.71	0.49	6.29
<b>25</b>	100	94.09	5.91	91.75	2.34	8.25
<b>26</b>	100	94.61	5.39	93.47	1.14	6.53
<b>27</b>	100	94.18	5.82	93.84	0.34	6.16
<b>28</b>	100	93.96	6.04	93.38	0.58	6.62
<b>29</b>	100	92.28	7.72	91.98	0.30	8.02
<b>MÉDIA</b>	<b>100</b>	<b>93.90</b>	<b>6.10</b>	<b>93.13</b>	<b>0.77</b>	<b>6.87</b>

Fonte: Dados da Pesquisa.

### TABELA ÍNDICES DE RETRAÇÃO DOS TIJOLOS – FEVEREIRO

<b>Dia (Mês)</b>	<b>Medida Verde (mm)</b>	<b>Medida Seca (mm)</b>	<b>Retração Secagem (mm)</b>	<b>Medida Queimada (mm)</b>	<b>Retração Queima (mm)</b>	<b>Retração Total (%)</b>
<b>12</b>	100	94.75	5.25	94.39	0.36	5.61
<b>19</b>	100	93.40	6.6	92.96	0.44	7.04
<b>22</b>	100	94.31	5.69	93.36	0.95	6.64
<b>23</b>	100	92.85	7.15	92.28	0.57	7.72
<b>25</b>	100	94.34	5.66	93.50	0.84	6.5
<b>26</b>	100	94.26	5.74	93.75	0.51	6.25
<b>29</b>	100	94.60	5.40	93.71	0.89	6.29
<b>MEDIA</b>	<b>100</b>	<b>94.07</b>	<b>5.93</b>	<b>93.42</b>	<b>0.65</b>	<b>6.58</b>

Fonte: Dados da Pesquisa.

**TABELA ÍNDICES DE RETRAÇÃO DOS TIJOLOS – MARÇO**

<b>Dia(Mês )</b>	<b>Medida Verde (mm)</b>	<b>Medida Seca (mm)</b>	<b>Retração Secagem (mm)</b>	<b>Medida Queimada (mm)</b>	<b>Retração Queima (mm)</b>	<b>Retração Total (%)</b>
<b>1</b>	100	94.75	5.25	93.72	1.03	6.28
<b>2</b>	100	94.18	5.82	93.63	0.55	6.37
<b>3</b>	100	94.55	5.45	93.37	1.18	6.63
<b>4</b>	100	94.79	5.21	93.66	1.13	6.34
<b>7</b>	100	93.60	6.4	92.61	0.99	7.39
<b>10</b>	100	94.82	5.18	92.32	2.5	7.68
<b>11</b>	100	94.93	5.07	93.91	1.02	6.09
<b>12</b>	100	95.02	4.98	94.18	0.84	5.82
<b>14</b>	100	94.38	5.62	93.22	1.16	6.78
<b>15</b>	100	93.76	6.24	92.41	1.35	7.59
<b>18</b>	100	94.7	5.3	93.4	1.3	6.6
<b>21</b>	100	94.52	5.48	93.35	1.17	6.65
<b>22</b>	100	94.72	5.28	93.21	1.51	6.79
<b>23</b>	100	93.98	6.02	92.37	1.61	7.63
<b>24</b>	100	95.23	4.77	94.02	1.21	5.98
<b>28</b>	100	94.83	5.17	93.56	1.27	6.44
<b>29</b>	100	94.16	5.84	92.95	1.21	7.05
<b>30</b>	100	94.84	5.16	93.11	1.73	6.89
<b>31</b>	100	95.09	4.91	94.06	1.03	5.94
<b>MEDIA</b>	<b>100</b>	<b>94.57</b>	<b>5.43</b>	<b>93.32</b>	<b>1.25</b>	<b>6.68</b>

Fonte: Dados da Pesquisa.

**TABELA ÍNDICES DE RETRAÇÃO DOS TIJOLOS – ABRIL**

<b>Dia(Mês )</b>	<b>Medida Verde (mm)</b>	<b>Medida Seca (mm)</b>	<b>Retração Secagem (mm)</b>	<b>Medida Queimada (mm)</b>	<b>Retração Queima (mm)</b>	<b>Retração Total (%)</b>
<b>1</b>	100	94.82	5.18	93.51	1.31	6.49
<b>4</b>	100	94.99	5.01	92.7	2.29	7.3
<b>5</b>	100	94.42	5.58	92.78	1.64	7.22
<b>6</b>	100	94.05	5.95	92.57	1.48	7.43
<b>7</b>	100	94.27	5.73	93.09	1.18	6.91
<b>8</b>	100	94.86	5.14	93.67	1.19	6.33
<b>11</b>	100	94.76	5.24	93.54	1.22	6.46
<b>12</b>	100	94.34	5.66	92.6	1.74	7.4
<b>13</b>	100	94.06	5.94	92.81	1.25	7.19
<b>14</b>	100	93.87	6.13	92.63	1.24	7.37
<b>15</b>	100	95.13	4.87	94.46	0.67	5.54
<b>18</b>	100	94.33	5.67	93.36	0.97	6.64
<b>19</b>	100	94.71	5.29	94.15	0.56	5.85
<b>20</b>	100	95.03	4.97	94.09	0.94	5.91
<b>22</b>	100	94.15	5.85	93.28	0.87	6.72
<b>23</b>	100	94.07	5.93	92.57	1.5	7.43
<b>25</b>	100	95.16	4.84	93.71	1.45	6.29



<b>26</b>	100	94.41	5.59	92.92	1.49	7.08
<b>27</b>	100	94.87	5.13	93.91	0.96	6.09
<b>28</b>	100	94.38	5.62	93.86	0.52	6.14
<b>29</b>	100	95.04	4.96	93.67	1.37	6.33
<b>MÉDIA</b>	<b>100</b>	<b>94.56</b>	<b>5.44</b>	<b>93.33</b>	<b>1.23</b>	<b>6.67</b>

Fonte: Dados da Pesquisa.

### TABELA ÍNDICES DE RETRAÇÃO DOS TIJOLOS – MAIO

<b>Dia(Mês)</b>	<b>Medida Verde (mm)</b>	<b>Medida Seca (mm)</b>	<b>Retração Secagem (mm)</b>	<b>Medida Queimada (mm)</b>	<b>Retração Queima (mm)</b>	<b>Retração Total (%)</b>
2	100	95.06	4.94	94.52	0.54	5.48
3	100	94.54	5.46	93.44	1.1	6.56
4	100	95.14	4.86	94.69	0.45	5.31
5	100	95.48	4.52	94.56	0.92	5.44
6	100	94.97	5.03	92.46	2.51	7.54
9	100	95.28	4.72	93.67	1.61	6.33
10	100	94.9	5.1	93.35	1.55	6.65
11	100	93.57	6.43	92.75	0.82	7.25
12	100	93.44	6.56	92.56	0.88	7.44
13	100	93.37	6.63	92.47	0.9	7.53
16	100	94.53	5.47	93.45	1.08	6.55
<b>MEDIA</b>	<b>100</b>	<b>94.57</b>	<b>5.43</b>	<b>93.45</b>	<b>1.12</b>	<b>6.55</b>

Fonte: Dados da Pesquisa.

## ANEXO C – TABELAS DOS ÍNDICES DE UMIDADE

### TABELA ÍNDICES DE UMIDADE DA MASSA – JANEIRO

<b>Dia(Mês)</b>	<b>Peso Verde (g)</b>	<b>Peso Seco (g)</b>	<b>Massa Úmida (%)</b>	<b>Peso Queimado (g)</b>	<b>Massa Úmida (%)</b>	<b>Massa Úmida Total (%)</b>
<b>2</b>	195	153	21.54	144	5.88	26.15
<b>5</b>	191	151	20.94	142	5.96	25.65
<b>7</b>	150	118	21.33	110	6.78	26.67
<b>8</b>	179	142	20.67	134	5.63	25.14
<b>9</b>	150	119	20.67	111	6.72	26.00
<b>13</b>	170	133	21.76	125	6.02	26.47
<b>14</b>	170	133	21.76	125	6.02	26.47
<b>15</b>	181	140	22.65	131	6.43	27.62
<b>16</b>	183	142	22.40	133	6.34	27.32
<b>18</b>	180	139	22.78	132	5.04	26.67
<b>19</b>	184	141	23.37	130	7.80	29.35
<b>20</b>	179	142	20.67	131	7.75	26.82
<b>21</b>	181	140	22.65	129	7.86	28.73
<b>22</b>	172	135	21.51	127	5.93	26.16
<b>25</b>	181	142	21.55	132	7.04	27.07
<b>26</b>	158	122	22.78	114	6.56	27.85
<b>27</b>	186	146	21.51	136	6.85	26.88
<b>28</b>	175	134	23.43	125	6.72	28.57
<b>29</b>	192	145	24.48	134	7.59	30.21
<b>MEDIA</b>	<b>176.68</b>	<b>137.74</b>	<b>22.02</b>	<b>128.68</b>	<b>6.57</b>	<b>27.15</b>

Fonte: Dados da Pesquisa.

### TABELA ÍNDICES DE UMIDADE DA MASSA – FEVEREIRO

<b>Dia(Mês)</b>	<b>Peso Verde (g)</b>	<b>Peso Seco (g)</b>	<b>Massa Úmida (%)</b>	<b>Peso queimado (g)</b>	<b>Massa Úmida (%)</b>	<b>Massa Úmida Total (%)</b>
<b>12</b>	166	128	22.89	120	6.25	27.71
<b>19</b>	154	118	23.38	108	8.47	29.87
<b>22</b>	190	150	21.05	138	8.00	27.37
<b>23</b>	182	138	24.18	128	7.25	29.67
<b>25</b>	178	138	22.47	126	8.70	29.21
<b>26</b>	180	140	22.22	130	7.14	27.78
<b>29</b>	182	140	23.08	132	5.71	27.47
<b>MEDIA</b>	<b>176</b>	<b>136</b>	<b>22.75</b>	<b>126</b>	<b>7.36</b>	<b>28.44</b>

Fonte: Dados da Pesquisa.

**TABELA ÍNDICES DE UMIDADE DA MASSA – MARÇO**

<b>Dia(Mês)</b>	<b>Peso Verde (g)</b>	<b>Peso Seco (g)</b>	<b>Massa Úmida (%)</b>	<b>Peso queimado (g)</b>	<b>Massa Úmida (%)</b>	<b>Massa Úmida Total (%)</b>
<b>1</b>	200	154	23	144	6.49	28.00
<b>2</b>	182	142	21.98	132	7.04	27.47
<b>3</b>	180	142	21.11	132	7.04	26.67
<b>4</b>	186	148	20.43	138	6.76	25.81
<b>7</b>	170	134	21.18	124	7.46	27.06
<b>10</b>	158	120	24.05	115	4.17	27.22
<b>11</b>	184	148	19.57	136	8.11	26.09
<b>12</b>	169	126	25.44	117	7.14	30.77
<b>14</b>	178	136	23.60	131	3.68	26.40
<b>15</b>	172	136	20.93	124	8.82	27.91
<b>18</b>	178	138	22.47	127	7.97	28.65
<b>21</b>	176	138	21.59	128	7.25	27.27
<b>22</b>	166	124	25.30	120	3.23	27.71
<b>23</b>	178	140	21.35	131	6.43	26.40
<b>24</b>	180	142	21.11	130	8.45	27.78
<b>28</b>	174	138	20.69	129	6.52	25.86
<b>29</b>	190	150	21.05	141	6.00	25.79
<b>30</b>	198	154	22.22	143	7.14	27.78
<b>31</b>	178	138	22.47	128	7.25	28.09
<b>MEDIA</b>	<b>178.79</b>	<b>139.37</b>	<b>22.08</b>	<b>130</b>	<b>6.68</b>	<b>27.30</b>

Fonte: Dados da Pesquisa.

**TABELA ÍNDICES DE UMIDADE DA MASSA – ABRIL**

<b>Dia(Mês)</b>	<b>Peso Verde (g)</b>	<b>Peso Seco (g)</b>	<b>Massa Úmida (%)</b>	<b>Peso queimado (g)</b>	<b>Massa Úmida (%)</b>	<b>Massa Úmida Total (%)</b>
<b>1</b>	186	144	22.58	134	6.94	27.96
<b>4</b>	188	148	21.28	136	8.11	27.66
<b>5</b>	172	132	23.26	122	7.58	29.07
<b>6</b>	188	144	23.40	134	6.94	28.72
<b>7</b>	186	144	22.58	134	6.94	27.96
<b>8</b>	186	144	22.58	134	6.94	27.96
<b>11</b>	198	156	21.21	144	7.69	27.27
<b>12</b>	204	136	33.33	124	8.82	39.22
<b>13</b>	192	144	25.00	132	8.33	31.25
<b>14</b>	214	164	23.36	152	7.32	28.97
<b>15</b>	200	156	22.00	146	6.41	27.00
<b>18</b>	196	152	22.45	140	7.89	28.57
<b>19</b>	214	168	21.50	156	7.14	27.10
<b>20</b>	202	158	21.78	146	7.59	27.72
<b>22</b>	196	150	23.47	136	9.33	30.61
<b>MÉDIA</b>	<b>194.8</b>	<b>149.33</b>	<b>23.32</b>	<b>138</b>	<b>7.60</b>	<b>29.14</b>

Fonte: Dados da Pesquisa.

**TABELA ÍNDICES DE UMIDADE DA MASSA – MAIO**

<b>Dia(Mês)</b>	<b>Peso Verde (g)</b>	<b>Peso Seco (g)</b>	<b>Massa Úmida (%)</b>	<b>Peso Queimado (g)</b>	<b>Massa Úmida (%)</b>	<b>Massa Úmida Total (%)</b>
2	176	140	20.45	130	7.14	26.14
3	180	142	21.11	132	7.04	26.67
4	194	158	18.56	146	7.59	24.74
5	194	152	21.65	144	5.26	25.77
6	180	142	21.11	134	5.63	25.56
9	212	172	18.87	162	5.81	23.58
10	204	160	21.57	150	6.25	26.47
11	184	146	20.65	138	5.48	25.00
12	179	142	20.67	133	6.34	25.70
13	180	141	21.67	132	6.38	26.67
16	192	150	21.88	145	3.33	24.48
<b>MEDIA</b>	<b>189</b>	<b>149.55</b>	<b>20.74</b>	<b>140.55</b>	<b>6.02</b>	<b>25.52</b>

Fonte: Dados da Pesquisa.

## ANEXO D – TABELAS DOS RESÍDUOS NA ARGILA

### TABELA ÍNDICES DE RESÍDUOS NA ARGILA MISTURADA - JANEIRO

<b>Dia(Mês)</b>	<b>Massa Úmida (g)</b>	<b>Massa Seca (g)</b>	<b>Massa Úmida (%)</b>	<b>Resíduo (%)</b>
<b>4</b>	200	153	23.5	18.5
<b>5</b>	200	152	24	21
<b>6</b>	200	153	23.5	18.5
<b>7</b>	200	153	23.5	18.5
<b>8</b>	200	153	23.5	18.5
<b>11</b>	200	154	23	22
<b>12</b>	200	152	24	21.5
<b>13</b>	200	156	22	21.5
<b>14</b>	200	152	24	21.5
<b>15</b>	200	152	24	21.5
<b>18</b>	200	152	24	21
<b>19</b>	200	154	23	20
<b>20</b>	200	153	23.5	19
<b>21</b>	200	156	22	16
<b>22</b>	200	152	24	16
<b>25</b>	200	153	23.5	22
<b>26</b>	200	154	23	24
<b>27</b>	200	156	22	28
<b>28</b>	200	150	25	18
<b>29</b>	200	152	24	20
<b>MÉDIA</b>	<b>200</b>	<b>153</b>	<b>23.45</b>	<b>20.35</b>

Fonte: Dados da Pesquisa.

### TABELA ÍNDICES DE RESÍDUOS NA ARGILA MISTURADA - FEVEREIRO

<b>Dia(Mês)</b>	<b>Massa Úmida (g)</b>	<b>Massa Seca (g)</b>	<b>Massa Úmida (%)</b>	<b>Resíduo (%)</b>
<b>1</b>	200	154	23	18
<b>2</b>	200	153	23.5	19
<b>3</b>	200	152	24	22
<b>4</b>	200	153	23.5	18.5
<b>5</b>	200	152	24	21
<b>10</b>	200	151	24.5	20
<b>11</b>	200	152	24	22
<b>12</b>	200	152	24	21.5
<b>16</b>	200	153	23.5	19
<b>17</b>	200	152	24	21
<b>18</b>	200	152	24	21
<b>19</b>	200	154	23	20
<b>22</b>	200	152	24	16
<b>23</b>	200	150	25	18
<b>25</b>	200	152	24	22

<b>26</b>	200	154	23	24
<b>27</b>	200	156	22	28
<b>29</b>	200	152	24	20
<b>MÉDIA</b>	<b>200</b>	<b>153</b>	<b>23.72</b>	<b>20.61</b>

Fonte: Dados da Pesquisa.

**TABELA ÍNDICES DE RESÍDUOS NA ARGILA MISTURADA - MARÇO**

<b>Dia(Mês)</b>	<b>Massa Úmida (g)</b>	<b>Massa Seca (g)</b>	<b>Massa Úmida (%)</b>	<b>Resíduo (%)</b>
<b>1</b>	200	160	20	24
<b>2</b>	200	158	21	20
<b>3</b>	200	164	18	19.5
<b>4</b>	200	154	23	22.1
<b>7</b>	200	154	23	19.5
<b>10</b>	200	150	25	12
<b>11</b>	200	162	19	14.8
<b>12</b>	200	156	22	15.4
<b>14</b>	200	160	20	11
<b>15</b>	200	152	24	13.1
<b>16</b>	200	168	16	13.1
<b>17</b>	200	154	23	19.5
<b>18</b>	200	156	22	21.8
<b>21</b>	200	150	25	14.7
<b>22</b>	200	150	25	12
<b>23</b>	200	158	21	17.7
<b>24</b>	200	156	22	24.4
<b>28</b>	200	154	23	22.1
<b>29</b>	200	156	23	24.4
<b>30</b>	200	156	23	16.7
<b>31</b>	200	152	23	16
<b>MÉDIA</b>	<b>200</b>	<b>156</b>	<b>21.95</b>	<b>17.8</b>

Fonte: Dados da Pesquisa.

**TABELA ÍNDICES DE RESÍDUOS NA ARGILA MISTURADA - ABRIL**

<b>Dia(Mês)</b>	<b>Massa Úmida (g)</b>	<b>Massa Seca (g)</b>	<b>Massa Úmida (%)</b>	<b>Resíduo (%)</b>
<b>1</b>	200	152	24	10.5
<b>4</b>	200	164	18	12.2
<b>5</b>	200	154	23	11.7
<b>6</b>	200	164	18	11
<b>7</b>	200	156	22	20.5
<b>8</b>	200	154	23	19.5
<b>11</b>	200	172	14	14
<b>12</b>	200	156	22	15.4
<b>13</b>	200	148	26	14.9
<b>14</b>	200	152	24	21.1

<b>15</b>	200	158	21	21.5
<b>18</b>	200	158	21	21.5
<b>19</b>	200	154	23	20.8
<b>20</b>	200	156	22	20.7
<b>22</b>	200	152	24	18.4
<b>23</b>	200	168	16	14.3
<b>25</b>	200	152	24	15.4
<b>26</b>	200	152	24	18.4
<b>27</b>	200	168	16	17.9
<b>28</b>	200	154	23	19.3
<b>29</b>	200	152	24	18.4
<b>30</b>	200	158	21	17.7
<b>Média</b>	<b>200</b>	<b>157</b>	<b>21.5</b>	<b>17.05</b>

Fonte: Dados da Pesquisa.

**TABELA ÍNDICES DE RESÍDUOS NA ARGILA MISTURADA – MAIO**

<b>Dia(Mês)</b>	<b>Massa Úmida (g)</b>	<b>Massa Seca (g)</b>	<b>Massa Úmida (%)</b>	<b>Resíduo (%)</b>
<b>2</b>	200	160	20	17.5
<b>3</b>	200	156	22	20.6
<b>4</b>	200	158	21	20.3
<b>5</b>	200	156	22	21.8
<b>6</b>	200	156	22	21.8
<b>9</b>	200	164	18	19.5
<b>10</b>	200	160	20	20.4
<b>11</b>	200	158	21	20.6
<b>12</b>	200	156	22	21.7
<b>13</b>	200	157	21.5	21.6
<b>16</b>	200	158	21	19.3
<b>17</b>	200	156	22	16.7
<b>18</b>	200	154	23	23.4
<b>19</b>	200	152	24	18.4
<b>20</b>	200	154	23	19.4
<b>23</b>	200	156	22	15.4
<b>MEDIA</b>	<b>200</b>	<b>156.94</b>	<b>21.53</b>	<b>19.9</b>

Fonte: Dados da Pesquisa.